



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Επισκόπηση και Συγκριτική Μελέτη Πλεονεκτημάτων και  
Μειονεκτημάτων της εφαρμογής της τεχνολογίας Blockchain  
στο χώρο της Υγείας**

**Διπλωματική Εργασία**

ΤΟΥ

Κουτάκη Κωνσταντίνου

**Επιβλέπων: κ. Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης**

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Επισκόπηση και Συγκριτική Μελέτη Πλεονεκτημάτων και  
Μειονεκτημάτων της εφαρμογής της τεχνολογίας Blockchain  
στο χώρο της Υγείας**

**Διπλωματική Εργασία**

ΤΟΥ

Κουτάκη Κωνσταντίνου

**Επιβλέπων: κ. Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης**

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....

Δ.Δ.Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....

Γ.Ματσόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....

Π.Τσανάκας  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Κουτάκης Κωνσταντίνος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΚΟΥΤΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ,2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Το Blockchain είναι μία αρκετά πρόσφατη τεχνολογική εφεύρεση. Στις μέρες μας αντιμετωπίζουμε μια κρίσιμη ανάγκη για την ύπαρξη μιας νέας καινοτομίας στο χώρο της Υγείας και της ιατρικής περίθαλψης. Στην εργασία αυτή θα πραγματοποιηθεί εκτενής έλεγχος για τα οφέλη εφαρμογής ενός συστήματος Blockchain που να παρέχει στους ασθενείς ένα πλήρη, αμετάβλητο ηλεκτρονικό φάκελο υγείας και με εύκολη πρόσβαση στις ιατρικές τους πληροφορίες, που αφορούν το ιατρικό ιστορικό τους. Ταυτόχρονα θα ελεγχθούν τα συνολικά οφέλη που υπόσχεται μια εφαρμογή Blockchain στο ευρύτερο χώρο της Υγείας.

Ωστόσο εξετάζοντας τις μοναδικές ιδιότητες ενός τέτοιου συστήματος θα μελετήσουμε πώς διαχειρίζεται τον έλεγχο ταυτότητας, την εμπιστευτικότητα, την υποχρέωση λογοδοσίας και την ανταλλαγή δεδομένων για εξαιρετικά ευαίσθητες πληροφορίες. Όλα τα παραπάνω δημιουργούν περιορισμούς για την εφαρμογή μιας τέτοιας τεχνολογίας και θέτουν καίρια ηθικά, κοινωνικά κι άλλα ζητήματα. Έτσι, θα μελετηθούν ορισμένες εφαρμογές που χρησιμοποιούν παρόμοια τεχνολογία και στο τέλος θα γίνει μία προσέγγιση στο ζήτημα αυτό, μέσω μιας εκτενής επισκόπησης και συγκριτικής μελέτης και θα εκτιμηθεί αν είναι εφικτή η εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain στον τομέα της Υγείας και κατ' επέκταση στο χώρο της ιατρικής έρευνας. Θα γίνει δηλαδή μία ποιοτική σύγκριση ανάμεσα στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain στο χώρο της Υγείας.

### Λέξεις κλειδιά:

Τεχνολογία αλυσίδας μπλοκ, Χώρος Υγείας, Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας, Ιατρικά Δεδομένα, Ιατρικός Φάκελος Υγείας, Μπλοκ-Κόμβοι

## **Abstract**

Blockchain is a fairly recent technological invention. Nowadays, we face a critical need for a new innovation in the field of Health and Medical Care. In this work, an extensive review will be carried out on the benefits of implementing a Blockchain system that provides patients with a complete, unchanging electronic health record and with easy access to their medical information about their medical history. At the same time, the overall benefits promised by a Blockchain application to the wider health sector will be tested.

However, considering the unique attributes of such a system, we will study how it manages authentication, confidentiality, accountability, and data exchange for highly sensitive information. All of this creates restrictions on the implementation of such technology and poses ethical, social and other issues. Furthermore, some applications using similar technology will be studied, and an approach to this issue will be developed through an extensive review and comparative study and an assessment, which will be made of the feasibility of applying Blockchain technology in the field of Health and, medical research. A qualitative comparison will be made between the advantages and disadvantages of applying Blockchain technology in the field of Health.

### **Keywords:**

Blockchain Technology, Health Information Technology, Medical Health Record, Electronic Health Records, Medical Field, Peer To Peer.

## Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία κλείνει ο κύκλος των προπτυχιακών σπουδών μου στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Στη διάρκεια της φοίτησής μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο ήρθα αντιμέτωπος με αρκετές προκλήσεις και δυσκολίες, όμως αποκόμισα ανεκτίμητες γνώσεις και εμπειρίες, οι οποίες με διαμόρφωσαν ως μηχανικό. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα αυτής της διπλωματικής, κ. Δημήτριο-Διονύσιο Κουτσούρη, ο οποίος μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ σε βάθος σε θέματα που αφορούν τον πάντα επίκαιρο χώρο της Υγείας και γενικώς τον βιοιατρικό κλάδο. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Ουρανία Πετροπούλου καθώς και τον κ. Παναγιώτη Κατρακάζα για τη συνεχή βοήθεια και καθοδήγηση κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου που στάθηκαν δίπλα μου και με στήριξαν όλα τα χρόνια της φοιτητικής μου ζωής.

Κουτάκης Κωνσταντίνος

Αθήνα 2018

# Περιεχόμενα

Διπλωματική Εργασία.....	1
Περίληψη .....	4
Abstract.....	5
Ευχαριστίες.....	6
Περιεχόμενα .....	7
Εισαγωγή.....	9
Ορισμός.....	12
Περιγραφή.....	14
Μελέτη Πλεονεκτημάτων-Μειονεκτημάτων.....	20
Πλεονεκτήματα .....	20
Διαλειτουργικότητα.....	21
Ευελιξία-Ταχύτητα.....	25
Έρευνα .....	27
Big Data.....	36
Ιχνηλασιμότητα από τις απομιμήσεις φαρμάκων .....	38
Διαφάνεια και Ασφάλεια .....	40
Μειονεκτήματα .....	42
Ηθικό Πλαίσιο.....	42
Αδυναμία Διαγραφής & Ανθρώπινο Λάθος.....	44
Κόστος Ανάπτυξης.....	49
Πολυπλοκότητα και Περιορισμοί Αποθήκευσης .....	52
Προβλήματα Ασφάλειας .....	54
Εφαρμογές .....	60

Αποτελέσματα .....	69
Συμπεράσματα.....	76
Προβληματισμοί - Περιορισμοί για μελλοντική έρευνα .....	81
Περιορισμοί στον ερευνητικό τομέα .....	82
Περιορισμοί της συστηματικής μελέτης .....	84
Περιορισμοί στην κλινική έρευνα .....	86
Νομοθετικοί περιορισμοί.....	88
Βιβλιογραφία .....	89

---



## Εισαγωγή

Τη δεκαετία του '90 άρχισε να γίνεται ευρέως γνωστό το διαδίκτυο, το οποίο αποτελεί μία ανθρώπινη εφεύρεση και χρήσιμο εργαλείο για εκατομμύρια ανθρώπους καθημερινά. Είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο ανάκτησης και πρόσβασης πληροφοριών, τις οποίες τις διαχειρίζονται τα διάφορα προγράμματα περιήγησης. Στο συγκεκριμένο δίκτυο υπάρχει καθολική πρόσβαση από διαφόρων ειδών ηλεκτρονικές συσκευές όπως υπολογιστής, κινητό κλπ. Ένα αντίστοιχο ευρύ δίκτυο μπορεί να είναι ένα δίκτυο Blockchain για τη διευκόλυνση κάθε μορφής συναλλαγής. Διάφορες εφαρμογές του διαδικτύου έχουν καταστεί δυνατές, οι οποίες είναι αποδοτικές όπως για παράδειγμα η μεταφορά χρημάτων από ομότιμους χρήστες, επειδή το διαδίκτυο μειώνει το ελάχιστο κόστος συναλλαγών, αλλά και επικοινωνίας. Αυτή είναι η ίδια δύναμη που οδηγεί τις νέες πλατφόρμες, που έχουν αναδειχθεί για την αποστολή και παράδοση αγαθών και υπηρεσιών, σε επίπεδα τέτοιας απόδοσης, που προηγουμένως ήταν αδιανόητα και μάλιστα το Blockchain αποτελεί την κινητήρια δύναμη για τον επαναπροσδιορισμό του νέου διαδικτύου.

Η τρέχουσα κατάσταση των φακέλων της υγειονομικής περίθαλψης είναι αποσυνδεδεμένη λόγω της έλλειψης κοινών αρχιτεκτονικών και προτύπων που θα επέτρεπαν την ασφαλή μεταφορά ευαίσθητων πληροφοριών μεταξύ των ενδιαφερομένων στο σύστημα. Ο αριθμός των επιχειρήσεων που υιοθετούν τεχνολογία Blockchain συνεχώς αυξάνεται. Σύμφωνα με τη Statista (2016), που είναι διαδικτυακή στατιστική οργάνωση, η οποία παρέχει πρόσβαση σε δεδομένα από ιδρύματα έρευνας αγοράς, καθώς και από επιχειρηματικές οργανώσεις, το μέγεθος της παγκόσμιας αγοράς τεχνολογιών Blockchain από το 2017 έως το 2021 αναμένεται να αυξηθεί σε 2,3 δισεκατομμύρια δολάρια το 2021 από 339,5 εκατομμύρια δολάρια το 2017. Αυτές οι εκτιμώμενες προβλέψεις βασίζονται σε ετήσιο ρυθμό σταθερής αύξησης του 61,5 τοις εκατό. Κυρίως οι δοκιμαστές αυτής της μαζικής επέκτασης είναι καινοτόμες και νεοσύστατες επιχειρήσεις, τολμηρές

εταιρείες στον τομέα της χρηματοδότησης, της λιανικής και της μεταποίησης, της κυβέρνησης ,αλλά και της υγειονομικής περίθαλψης.<sup>1</sup>

Λόγω των δεσμών του Blockchain με τις κρυπτογραφικές τεχνικές, οι περισσότεροι πιστεύουν ότι το χρηματοπιστωτικό σύστημα πολλών χωρών παγκοσμίως θα υιοθετήσει την τεχνολογία αυτή το συντομότερο δυνατόν. Μια νέα μελέτη του IBM (Institute for Business Value) για το Blockchain και τα Health Rallies, εξέτασε 200 στελέχη της υγειονομικής περίθαλψης σε 16 χώρες. Διαπιστώθηκε ότι το 16 τοις εκατό δεν πειραματίζεται μόνο, αλλά αναμένουν να έχουν μια εμπορική λύση blockchain στο βραχυπρόθεσμο μέλλον. Επιπλέον, σύμφωνα με την εκτίμηση της IBM (International Business Machines Corporation), οποία είναι πολυμετοχική εταιρεία, εισηγμένη στο Χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης. , ένα άλλο 56 τοις εκατό θα ακολουθήσει μέχρι το 2020. <sup>2</sup>

#### Παράγοντες που οδηγούν στην αγορά blockchain περιλαμβάνουν:

1. Περιορισμένη πρόσβαση στα δεδομένα για την υγεία του πληθυσμού.
2. Ασυνεπείς κανόνες και δικαιώματα πρόσβασης στα δεδομένα ασθενών.
3. Διαφορετικά πρότυπα δεδομένων που μειώνουν τη διαλειτουργικότητα, η οποία είναι συνέπεια της μη συμβατότητας μεταξύ των συστημάτων.
4. Απόρρητο και ασφάλεια, όπως η εμπιστευτικότητα και η προστασία των πληροφοριών για την υγεία .
5. Απάτη και κακοποίηση.

---

<sup>1</sup> <https://www.statista.com/statistics/647231/worldwide-blockchain-technology-market-size/>

<sup>2</sup> <https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=GBE03790USEN>

6. Συμμετοχή των καταναλωτών με τη μορφή ασθένειας και διαχείρισης και κλινικών αποτελεσμάτων.

Το Blockchain έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσει και να διαμορφώσει την παγκόσμια οικονομία με χρήση και πρόσβαση σε μια κοινή ηλεκτρονική πλατφόρμα. Ταυτόχρονα οι συναλλαγές θα μπορούσαν να συντονιστούν με έξυπνες συμβάσεις αυτοελέγχου ή να πραγματοποιηθούν με χαμηλότερο κόστος από άλλους μικρούς ανταγωνιστές ή παρόχους. Η επόμενη φάση της κοινής οικονομίας μπορεί να διορθώσει τις σημερινές ανισότητες ή να τις διευκολύνει, ανάλογα με τον σκοπό της ίδιας της τεχνολογίας.

Στην εργασία αυτή θα αναλύσουμε επίσης και θα κάνουμε ανασκόπηση στα εξής:

1. Έρευνα στην τεχνολογία Blockchain, αναλύοντας τα μοναδικά χαρακτηριστικά της και τις ανοιχτές προκλήσεις που προσφέρει.
2. Προσδιορισμός και ανάλυση των διαφορετικών τρόπων ενσωμάτωσης blockchain.
3. Μελέτη των προκλήσεων, των πιθανών οφελών και των ανοιχτών θεμάτων της ενσωμάτωσης του blockchain.
4. Μελέτη των υφιστάμενων πλατφορμών και εφαρμογών blockchain.
5. Αξιολόγηση και σύγκριση των επιδόσεων διαφορετικών blockchains.

## Ορισμός

Το Blockchain είναι μία εφεύρεση των τελευταίων χρόνων (2008) και πρόκειται για δημιουργία ενός ανώνυμου ατόμου ή μιας ομάδας ανθρώπων, γνωστών πίσω από το ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto , οι οποίοι πρότειναν τα δεδομένα, αντί να αποθηκεύονται σε ένα μόνο κεντρικό αποθετήριο, να διανέμονται σε πολλαπλές τοποθεσίες, καθιστώντας έτσι αδύνατη την κλοπή ή την αλλοίωση από τρίτους. Δεν υπάρχει ευρέως αποδεκτός επίσημος ορισμός για το Blockchain. Εντούτοις, είναι αποδεκτό ότι το blockchain είναι κρυπτογραφικά ασφαλές και αμετάβλητο δίκτυο που γράφει μία φορά και διαβάζει πολλές διαφορετικές δομές δεδομένων, που αποτελούνται από μπλοκ εγγραφών, όπου τα μπλοκ συνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας ένα μη μετακινούμενο μηχανισμό αναφοράς κλειδιών [1].

Η Blockchain τεχνολογία είναι επίσης μια κατακευματισμένη δομή δεδομένων σε ένα επιχειρηματικό δίκτυο όπου δεν υπάρχει κεντρική οντότητα που είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση των δεδομένων που καταγράφονται. Μοιάζει σαν μια άφθαρτη ψηφιακή βιβλιοθήκη συναλλαγών και πληροφοριών, και συγκεκριμένα είναι ένα δίκτυο ανεξάρτητων οντοτήτων, οι οποίες αποτελούν από κοινού ένα δίκτυο peer-to-peer (P2P). Ένα δίκτυο υπολογιστών peer-to-peer (ή P2P) είναι ένα δίκτυο που επιτρέπει σε δύο ή περισσότερους υπολογιστές να μοιράζονται τους πόρους τους ισοδύναμα. Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιεί την επεξεργαστική ισχύ, τον αποθηκευτικό χώρο και το εύρος ζώνης (bandwidth) των κόμβων. Όλοι οι κόμβοι του δικτύου έχουν ίσα δικαιώματα. Οι πληροφορίες που βρίσκονται στον ένα κόμβο, ανάλογα με τα δικαιώματα που καθορίζονται, μπορούν να διαβαστούν από όλους τους άλλους και αντίστροφα. Επίσης, οι τιμές που καταγράφονται στο Blockchain συγχρονίζονται μεταξύ τους και ένας μηχανισμός συναίνεσης παρέχει την κοινή λογική και την αποδεκτή εγκυρότητα των δεδομένων. Έτσι, η δομή στοιχείων μπλοκ αλυσίδας χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία:

(α) Ασφαλές κατάλογο των μπλοκ (κόμβων) που περιέχουν εγγραφές δεδομένων.

(β) Δίκτυο peer-to-peer που περιέχει πανομοιότυπα παραδείγματα της δομής δεδομένων blockchain.

(γ) Μηχανισμό συναίνεσης , που εξασφαλίζει τη συγχρονισμένη ανάπτυξη του Blockchain, παρέχοντας την αμετάβλητη δομή δεδομένων.

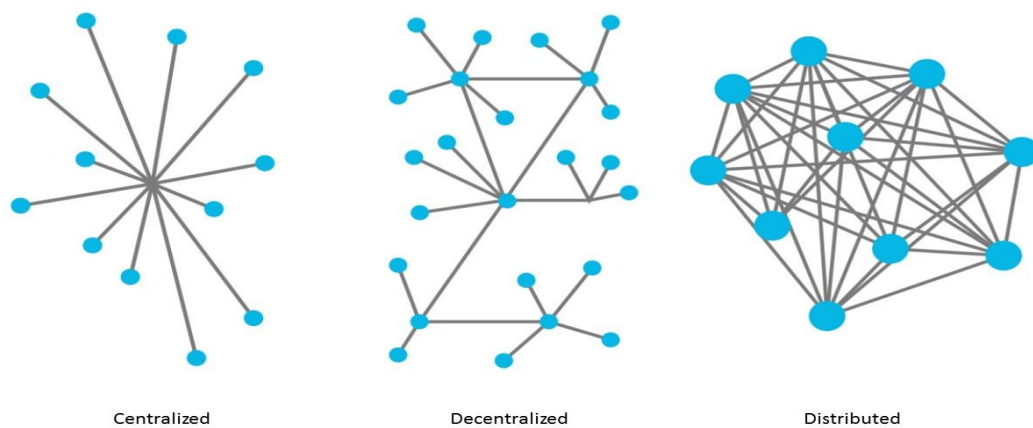
Και οι τρεις ιδιότητες που αναφέρθηκαν είναι εξίσου σημαντικές για τη λειτουργία του δικτύου.

Η κύρια διαφορά μεταξύ μιας απλής βάσης δεδομένων και του Blockchain είναι ότι τα δεδομένα βρίσκονται σε ένα δίκτυο προσωπικών υπολογιστών που ονομάζονται κόμβοι όπου δεν υπάρχει κεντρική οντότητα ή οργάνωση, όπως μια κυβέρνηση ή μια τράπεζα οι οποίες να ελέγχουν τα δεδομένα τους. Αντί αυτού, όλα τα δεδομένα μοιράζονται δημόσια, αν και το περιεχόμενο κάθε δεδομένων είναι προσβάσιμο μόνο σε όσους έχουν την αντίστοιχη άδεια για ένα συγκεκριμένο αριθμό δεδομένων. Η ασφάλεια των συναλλαγών διασφαλίζονται επειδή όλα τα μέλη του δικτύου διατηρούν ένα πλήρες αντίγραφο του Blockchain και έτσι δεν είναι δυνατό για ένα μέλος να κάνει αλλαγές ή να αλλάξει δεδομένα. Επομένως, το Blockchain λειτουργεί ως μία και μοναδική πηγή αλήθειας και τα μέλη σε ένα Blockchain δίκτυο μπορούν να δουν μόνο εκείνες τις συναλλαγές που σχετίζονται με αυτούς.

## Περιγραφή

Οι αρχές λειτουργίας του Blockchain μπορούν να χωριστούν σε μια σειρά από ξεχωριστά βήματα. Το πρώτο και κύριο χαρακτηριστικό του Blockchain είναι οι συναλλαγές. Ο αποστολέας μεταδίδει το μήνυμα κρυπτογραφημένης συναλλαγής στο δίκτυο, συμπεριλαμβανομένης της δημόσιας διεύθυνσης του παραλήπτη, της τιμής συναλλαγής και της ψηφιακής υπογραφής που επιβεβαιώνει την αυθεντικότητα της συναλλαγής. Δεύτερον, κατά την παραλαβή μιας συναλλαγής, οι κόμβοι δικτύου αποκρυπτογραφούνται, επαληθεύουν την ψηφιακή υπογραφή και τοποθετούν την επαληθευμένη συναλλαγή στην ομάδα των εκκρεμών συναλλαγών. Αυτές οι εκκρεμείς συναλλαγές συγκεντρώνονται στη συνέχεια σε ένα νέο μπλοκ που μεταδίδεται στο υπόλοιπο δίκτυο για επικύρωση. Αυτό το βήμα και αυτό που ακολουθεί βασίζεται στην κρυπτογραφική εξόρυξη όπως ονομάζεται, η οποία, ανάλογα με την επιλεγμένη μέθοδο επικύρωσης, χρησιμοποιήσει το δίκτυο των κόμβων για να διασφαλίσει ότι κάθε συναλλαγή είναι έγκυρη και καθιστά σχεδόν αδύνατη την ύπαρξη δόλιων συναλλαγών, καθώς αυτές απλώς απορρίπτονται από τους τίμιους και ελέγξιμους κόμβους που αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία του δικτύου. Όταν επικυρώνονται όλες οι συναλλαγές, τότε το νέο μπλοκ είναι αλυσοδεμένο μέσω κρυπτογραφημένης υπογραφής στο υπόλοιπο δίκτυο Blockchain και έτσι παραδίδεται σε αυτό. Ανάλογα με τον τύπο μπλοκαρίσματος και τη συμφόρηση του δικτύου, αυτή η μετάδοση διαρκεί από δυο δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά και αυτή η καθυστέρηση υπάρχει προκειμένου να διαχέεται παντού, οπότε ολόκληρο το δίκτυο είναι σχεδόν πάντα ενημερωμένο. Όλη αυτή η διαδικασία γίνεται χωρίς παρεμβολές από μεσάζοντες οι οποίοι σε παραδοσιακές βάσεις δεδομένων διατηρούν ρόλο μόνο διαχειριστή και επικύρωσης.

Παρακάτω υπάρχει ένα διάγραμμα για την απεικόνιση του τρόπου αποθήκευσης των πληροφοριών σε κατακεντρωμένο δίκτυο Blockchain σε σύγκριση με ένα κεντρικό και ένα αποκεντρωμένο δίκτυο.



Εικόνα 1: Σύγκριση δικτύου μεταξύ Blockchain, κεντρικών και αποκεντρωμένων δικτύων. Κάθε κόμβος αναπαριστά ένα προσωπικό υπολογιστή.<sup>3</sup>

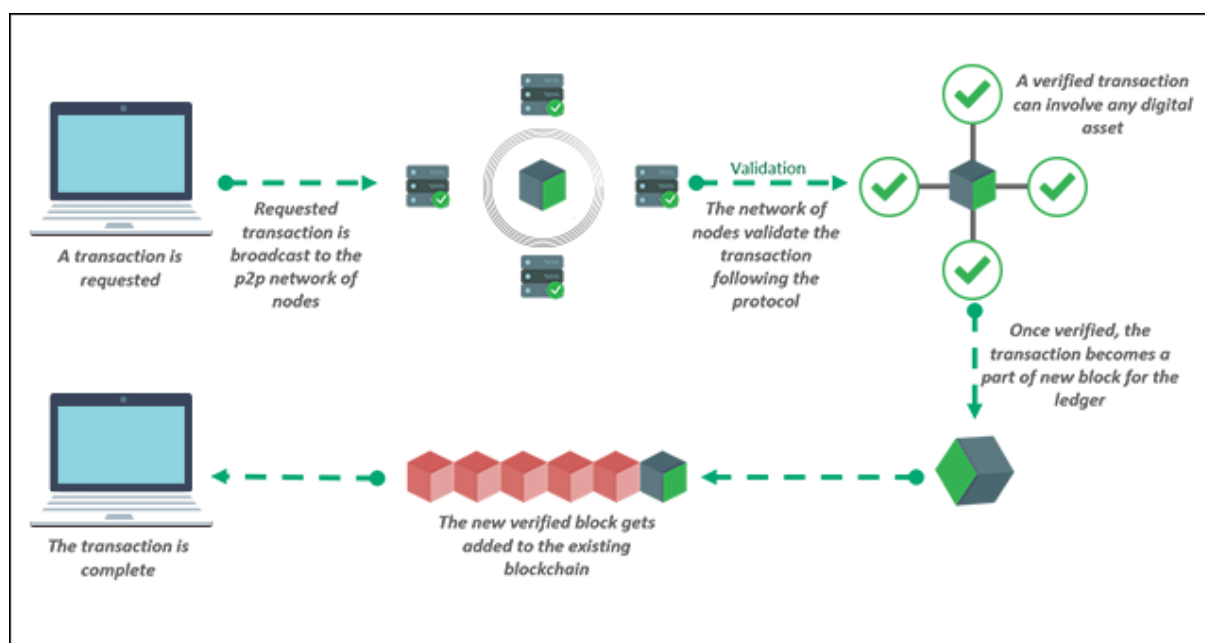
Όπως παρατηρείται στο δίκτυο Blockchain υπάρχει διαδρομή προς κάθε κόμβο(υπολογιστή, ηλεκτρονική συσκευή και άλλα) κι έτσι καθίσταται κοινή χρήση των δεδομένων από κάθε κόμβο ανεξάρτητα το σημείο στο οποίο η πληροφορία εισήχθη.

Κάθε συμμετέχων χρήστης συνδεδεμένος στο δίκτυο μπλοκ αλυσίδων έχει ένα μυστικό ιδιωτικό κλειδί και ένα δημόσιο κλειδί που λειτουργεί ως ανοικτό ορατό αναγνωριστικό. Το ζεύγος είναι κρυπτογραφικά συνδεδεμένο έτσι ώστε η αναγνώριση να είναι δυνατή μόνο σε μία κατεύθυνση χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό κλειδί. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαία προϋπόθεση ιδιωτικού κλειδιού για να ξεκλειδωθεί η ταυτότητα ενός συμμετέχοντα ώστε να αποκαλυφθούν ποιες πληροφορίες σχετικά με το Blockchain είναι σχετικές με το προφίλ τους. Μέσω κρυπτογραφίας δημόσιου κλειδιού, η τεχνολογία Blockchain εγγυάται την εξάλειψη του προβλήματος των διπλών δαπανών. Οι κρυπτογραφικά δημιουργούμενες διευθύνσεις αποθηκεύονται στο Blockchain με τη μορφή δημόσιων κλειδιών. Οι συναλλαγές που γίνονται στο δίκτυο αυτό δεν θα αποκαλύπτουν ποτέ την ταυτότητα του ατόμου, διότι οι συναλλαγές στην οικονομία κρυπτογράφησης

<sup>3</sup> <https://blogs.sap.com/2018/03/06/blockchain-in-a-nutshell/>

γίνονται με τη μορφή νομισμάτων. Είναι ανιχνεύσιμα, αλλά δεν απειλούν την ιδιωτική ζωή.

Τα κατανεμημένα δίκτυα στην τεχνολογία Blockchain εξυπηρετούν ανεξάρτητα το συνολικό δίκτυο. Δεν μοιράζονται, αλλά συγκρίνουν τα αποτελέσματα της εργασίας τους και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι κάτι συνέβη. Κάθε Blockchain έχει μια εξατομικευμένη διαδικασία επαλήθευσης. Όταν καθένας από τους κόμβους καταλήξει σε συναίνεση σχετικά με τον τρόπο διεξαγωγής των συναλλαγών, θα δημιουργηθούν αντίστοιχοι κανόνες και κίνητρα. Η επαλήθευση, ο τύπος, το ποσό κλπ. είναι διαφορετικές για διαφορετικά μπλοκ αλυσίδες, ανάλογα με το πρωτόκολλο σχετικά με το τι είναι έγκυρη συναλλαγή και τι όχι.



Εικόνα 2: Περιγραφή συναλλαγής με το δίκτυο Blockchain<sup>4</sup>

<sup>4</sup> <https://cryptonewsbytes.com/what-is-a-blockchain-high-level/blockchain/>



Κάποια από τα πιο γνωστά παραδείγματα δημόσιων και ευρέως διαδεδομένων συστημάτων Blockchain είναι το Bitcoin ή το Ethereum. Με βάση την εφαρμογή του εικονικού νομίσματος που είναι γενικά προσβάσιμο από κάθε άτομο, απαιτείται η ύπαρξη δημόσιου δικτύου, χωρίς εμπόδια για τη συναλλαγή ή καταγραφή του ή και για την πρόσβαση στο πλήρες ιστορικό των συναλλαγών. Αυτό επιτρέπει να διατηρηθεί το άνοιγμα του συστήματος και να αφαιρεθεί οποιαδήποτε λογοκρισία από τους χρήστες. Ωστόσο, η εφαρμογή blockchain διερευνάται ακόμα στο πλαίσιο της επιχείρησης για τα οφέλη που περιγράφονται παραπάνω για το αν υπερβαίνουν τις εκτιμήσεις ταχύτητας και προσβασιμότητας. Συνήθως, οι λύσεις blockchain για επιχειρήσεις προορίζονται για ιδιωτική ενδοεταιρική χρήση και όφελος, επομένως οι λειτουργίες εγγραφής και ανάγνωσης επιτρέπονται και απαιτούν από τους συμμετέχοντες να εξουσιοδοτηθούν ώστε να τις αξιοποιήσουν.

Επίσης το δίκτυο Blockchain εμποδίζει οποιονδήποτε συμμετέχοντα ή ομάδα συμμετεχόντων να ελέγχουν την υποκείμενη υποδομή ή να υπονομεύουν ολόκληρο το σύστημα. Οι συμμετέχοντες στο δίκτυο είναι όλοι ίσοι, ακολουθώντας τα ίδια πρωτόκολλα. Μπορούν να είναι άτομα, κρατικοί φορείς, οργανισμοί ή ένας συνδυασμός όλων αυτών των τύπων συμμετεχόντων. Στον πυρήνα του, το σύστημα καταγράφει τη χρονολογική σειρά των συναλλαγών με όλους τους κόμβους που συμφωνούν με την εγκυρότητα των συναλλαγών χρησιμοποιώντας το επιλεγμένο μοντέλο συναίνεσης. Το αποτέλεσμα είναι συναλλαγές που δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να αντιστραφούν, εκτός εάν η αλλαγή συμφωνηθεί από όλα τα μέλη του δικτύου σε μια μεταγενέστερη συναλλαγή.

Αν και είναι μια αρκετά νέα τεχνολογία, το Blockchain δεν χρησιμοποιείται μόνο στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Έχει πολλές πρακτικές περιπτώσεις χρήσης και οι εφαρμογές της είναι πολύ διαφορετικές. Λειτουργεί για παράδειγμα ως πλατφόρμα αυτοδιαχείρισης για:<sup>5</sup>

- Χρηματοπιστωτικές Υπηρεσίες - Για την επίλυση του προβλήματος που θέτουν τα παραδοσιακά χρηματοπιστωτικά συστήματα, καθώς θα μπορούσαν να μετατραπούν σε αργά και δυσκίνητα.
- Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων - Μείωση των σφαλμάτων κατά την κρυπτογράφηση των εγγραφών που χρησιμοποιούνται στις εμπορικές διαδικασίες.
- Ασφάλειες - Ειδικά στον τομέα της διεκπεραίωσης αξιώσεων, για την καταπολέμηση δόλιων πράξεων κ.λπ.
- Μουσική βιομηχανία - Εστίαση στα δικαιώματα χρήσης και στη διανομή δικαιωμάτων κλπ.
- Ψηφοφορία - Εξασφάλιση ασφάλειας στη ψηφιακή ψηφοφορία.
- Αλυσίδες εφοδιαστικής αλυσίδας - Η ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού και προμήθειας είναι εγγυημένη.
- Έξυπνες συσκευές - Οι χρήστες απολαμβάνουν μεγαλύτερο έλεγχο στις προσωπικές συσκευές τους.

---

<sup>5</sup> <https://hackernoon.com/how-blockchain-technology-can-revolutionize-the-healthcare-sector-31fe9301575>

Η αναζήτηση και το διαδικτυακό ενδιαφέρον για την τεχνολογία Blockchain έχει αυξηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια συγκριτικά με τα προηγούμενα. (βλ. Εικόνα 3) Πιο συγκεκριμένα η μεγαλύτερη τιμή της είναι το Δεκέμβριο του 2017. Μετά ακολουθεί μια σχετική πτώση της αναζήτησης στη μηχανή αναζήτησης της Google, ωστόσο παραμένει συγκριτικά πιο υψηλή σε σχέση με χρονολογίες 2016 και παλαιότερα. Ακολουθεί η εικόνα με τα στατιστικά της Google σχετικά με την αναζήτηση της λέξης Blockchain τα τελευταία πέντε χρόνια, δηλαδή 2013 - 2018. Η κάθετη κλίμακα μέτρησης είναι από το ένα μέχρι το εκατό ποσοστιαία, όπου το εκατό είναι η μεγαλύτερη τιμή που σημειώθηκε αναλογικά.



Εικόνα 3: Στατιστικά της εταιρίας Google σχετικά με τη συχνότητα αναζήτησης της λέξης Blockchain τα έτη 2013-2018.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> <https://trends.google.com/trends/explore?date=today%205-y&q=blockchain>

# Μελέτη Πλεονεκτημάτων-Μειονεκτημάτων

## Πλεονεκτήματα

Η αυξημένη διαθεσιμότητα δεδομένων και οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη παρουσιάζουν πολλές ευκαιρίες στην υγειονομική περίθαλψη καθώς και μείζονες προκλήσεις για τους ασθενείς, τους υπεύθυνους ανάπτυξης, τους παρόχους και τους αρμόδιους ρυθμιστές ενός συστήματος υγείας [2]. Οι καινοτόμες τεχνικές εκμάθησης μετατρέπουν οποιαδήποτε δεδομένα σχετικά με το άτομο σε ιατρικά δεδομένα που μετασχηματίζουν απλές εικόνες προσώπου και βίντεο σε ισχυρές πηγές δεδομένων για προβλέψεις. Συγκεκριμένα στον ιατρικό τομέα οι περισσότεροι ασθενείς δεν έχουν τον έλεγχο των προνομίων πρόσβασης στα ιατρικά τους αρχεία και δεν γνωρίζουν την πραγματική αξία των δεδομένων αυτών. Η τεχνολογία του blockchain προσφέρει κατά πολλούς λύσεις και έχει πολλά πλεονεκτήματα τα οποία θα αναφερθούν. Κάποια από αυτά είναι :

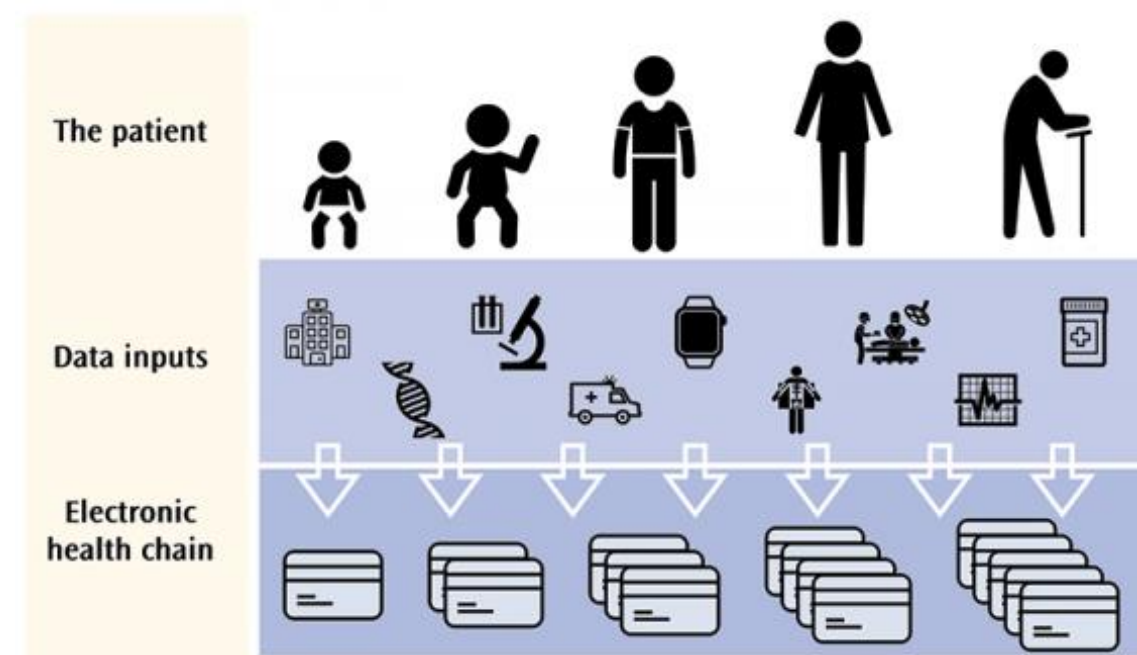
## Διαλειτουργικότητα

Η διαλειτουργικότητα της υγειονομικής περίθαλψης περιγράφει την ικανότητα του δικτύου να επικοινωνεί με άλλα συστήματα χωρίς φραγμούς ή περιορισμούς και πιο συγκεκριμένα την ικανότητα για ετερογενείς πληροφορίες, τεχνολογικά συστήματα και εφαρμογές λογισμικού, να επικοινωνούν, να ανταλλάσσουν δεδομένα και να χρησιμοποιούν τα ανταλλασσόμενα δεδομένα σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες τους [3]. Πολλά προβλήματα στην υγεία των ασθενών προέρχονται από την ιατρική διαχείριση, και πολλοί τραυματισμοί είναι αποτέλεσμα της υποβαθμισμένης φροντίδας. Τα σημερινά Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας (EHR-Electronic Health Records) δεν διαθέτουν διαλειτουργικότητα και είναι εξαιρετικά δαπανηρά. Επειδή τα EHR δεν είναι σε θέση να επικοινωνούν αποτελεσματικά μεταξύ τους, οι γιατροί και οι χειρουργοί συχνά αντιμετωπίζουν ασθενείς με οξεία νόσο ή επείγοντα περιστατικά, που χρήζουν άμεση περίθαλψη, χωρίς πρόσβαση στο ιατρικό ιστορικό του καθενός. Έτσι, αρκετές είναι οι φορές όπου χορηγούνται φάρμακα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν αρνητικά τη φροντίδα των ασθενών. Ακόμα και τα έξοδα των νοσοκομειακών συστημάτων είναι μεγαλύτερα όταν δεν υπάρχει διαλειτουργικότητα, καθώς καταγράφονται καθημερινά περιστατικά περιττών δοκιμών φαρμακευτική αγωγής σε ασθενείς.

Με την εφαρμογή της διαλειτουργικότητας στον ιατρικό τομέα θα μπορούσε να αποφευχθούν περιστατικά, όπως αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για παράδειγμα η επίτευξη και εφαρμογή της πλήρους διαλειτουργικότητας είχε ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρημάτων στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης των ΗΠΑ ύψους 77,8 δισεκατομμυρίων δολαρίων ετησίως, κυρίως με την αποφυγή περιττών δοκιμών και μελετών απεικόνισης και με τη μείωση των διοικητικών δαπανών. Επίσης, μεγάλος αριθμός Αμερικανών βλάπτεται ως αποτέλεσμα ιατρικών λαθών. Δύο μελέτες πάνω σε μεγάλα δείγματα νοσοκομειακών εισαγωγών, μία στη Νέα Υόρκη με στοιχεία του 1984 και η άλλη στο Κολοράντο και στη Γιούτα χρησιμοποιώντας δεδομένα του 1992, διαπίστωσαν ότι η αναλογία των εισαγωγών σε νοσοκομείο που αντιμετώπιζαν ανεπιθύμητο συμβάν, που ορίζονται ως τραυματισμοί, προκλήθηκαν καθαρά από την ιατρική διαχείριση, ήταν 2,9 και

3,7 τοις εκατό αντίστοιχα [4]. Το ποσοστό των ανεπιθύμητων ενεργειών που οφείλονται σε σφάλματα ήταν 58% στη Νέα Υόρκη και 53% στο Κολοράντο και τη Γιούτα.

Ένα σύστημα υγείας που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να αποτελέσει σημείο σύγκλισης για τις πληροφορίες υγείας ενός ασθενούς (βλ. Εικόνα 3). Σε ένα πραγματικά διαλειτουργικό δίκτυο λοιπόν, τα δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια όλης της ζωής ενός ασθενούς μέσω της προσωπικής δραστηριότητας υγείας και ευεξίας, καθώς και διαγνωστικών και θεραπευτικών δραστηριοτήτων, όπως οι συναντήσεις με τον ασθενή, οι διαδικασίες εξέτασης, οι εργαστηριακές εξετάσεις, οι έξυπνες συσκευές και ακόμη και οι υπηρεσίες γενετικού ελέγχου τρίτων, θα μπορούσαν όλες να ενσωματωθούν με ασφάλεια στο μοναδικό ηλεκτρονικό φάκελο του ασθενούς, ο οποίος θα χρησιμοποιόταν από κάθε ιατρικό σύστημα υγείας.



Εικόνα 4: Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ασθενούς θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στο σύστημα.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> <http://bulletin.facs.org/2017/12/blockchain-technology-in-health-care-a-primer-for-surgeons/#.WvCMPoiFOUk>

Ταυτόχρονα, τα βιοϊατρικά δεδομένα δεν περιορίζονται στα κλινικά αρχεία που δημιουργούνται από τους γιατρούς, η σημαντική ποσότητα δεδομένων ανακτάται και από τις εργαστηριακές ή τις ιατρικές εξετάσεις όπως για παράδειγμα οι βασικές εξετάσεις αίματος. Συγκεκριμένα, το ποσό των γονιδιωματικών δεδομένων από μόνο του προβλέπεται να ξεπεράσει το ποσό των δεδομένων που παράγονται από άλλους τομείς υψηλής έντασης δεδομένων, όπως τα κοινωνικά δίκτυα και οι πλατφόρμες επιμερισμού βίντεο σε απευθείας σύνδεση[5]. Τα ήδη υπάρχοντα εθνικά προγράμματα υγειονομικής περίθαλψης διαφόρων χωρών, όπως της Βρετανίας (υποστηριζόμενα από την Εθνική Υπηρεσία Υγείας της Βρετανίας(NHS)) ή παγκόσμια και ευρέως διαδεδομένα προγράμματα όπως η κοινοπραξία LINCS και το έργο ENCODE, παρέχουν στους επιστήμονες δεκάδες χιλιάδες δείγματα υψηλής ποιότητας [2].

Παρά τη σπουδαιότητα της ανταλλαγής ιατρικών δεδομένων που αναφέρθηκε παραπάνω, τα σημερινά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης συχνά απαιτούν από τους ασθενείς να λαμβάνουν και να μοιράζονται μόνοι τους το δικό τους ιατρικό ιστορικό και να το καταγράφουν με άλλου είδους μορφές είτε μέσω φυσικών αντιγράφων σε χαρτί είτε με ηλεκτρονικά αντίγραφα σε κάποιου τύπου σκληρό δίσκο. Αυτή η διαδικασία απόκτησης και ανταλλαγής ιατρικών αρχείων είναι αναποτελεσματική κι έχει τα εξής αρνητικά στοιχεία:

- Είναι αργή και χρονοβόρα, δεδομένου ότι πρέπει πρώτα να ετοιμάζονται από τον εκάστοτε πάροχο. Στη συνέχεια θα πρέπει να παραδίδονται τα αντίγραφα ιατρικών δεδομένων, που έχουν ληφθεί από τους ασθενείς.
- Είναι μη ασφαλής, επειδή τα αντίγραφα των δεδομένων ενδέχεται να χαθούν, να καταστραφούν από τρίτους ή ακόμα και να κλαπούν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους από μια τοποθεσία σε μία άλλη.

- Είναι ελλιπής, καθώς το ιστορικό υγείας του ασθενούς μπορεί να κατακερματιστεί επειδή τα δεδομένα τους αποθηκεύονται σε διαφορετικά συστήματα. Δεν υπάρχει μία μοναδική πηγή που αποθηκεύει όλα τα ιατρικά αρχεία ενός ατόμου, έτσι πρέπει οι ασθενείς να είναι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση του πότε και πού έλαβαν υπηρεσίες υγείας για να ζητήσουν αντίγραφα των ιατρικών τους εγγράφων.
- Λείπει το ηθικό πλαίσιο, δεδομένου ότι τα ίδια τα σημερινά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης ξεχωριστά είναι ο κεντρικός προμηθευτής πληροφοριών του κάθε ασθενούς, εμποδίζοντας με τον τρόπο αυτό τον έλεγχο των ασθενών στα δικά τους αρχεία υγείας



## Ευελιξία-Ταχύτητα

Ένα ακόμα πλεονέκτημα της τεχνολογίας Blockchain, είναι η ευελιξία. Ένα πρακτικό σύστημα υγείας βασισμένο σε Blockchain μπορεί να χρειαστεί να διαχειρίζεται και να παρακολουθεί σχετικές εκδηλώσεις υγείας σε μεγάλους πληθυσμούς ασθενών από οποιαδήποτε τοποθεσία [3]. Πρέπει να σχεδιάζεται για να φιλτράρει χρήσιμες πληροφορίες σχετικές με την υγεία από όλες τις μορφές επικοινωνίας (δηλ. τα αρχεία συναλλαγών) που εμφανίζονται στο Blockchain. Για παράδειγμα, η εφαρμογή του ψηφιακού νομίσματος Ethereum διατηρεί μία διαφανής καταγραφή όλων των συμβολαίων που δημιουργούνται και ιστορικό λειτουργίας μαζί με τακτικές συναλλαγές κρυπτογράφησης. Η διαθεσιμότητα των πληροφοριών κάνει το Blockchain μια δυναμικά αυτόνομη προσέγγιση για τη βελτίωση του συντονισμού φροντίδας σε διάφορους συμμετέχοντες και ομάδες (π.χ. γιατρούς, φαρμακοποιούς και ασφαλιστικούς παρόχους) που θα επικοινωνούσαν κανονικά μέσω διαφόρων καναλιών που είναι χειροκίνητα και χρονοβόρα, όπως για παράδειγμα μέσω τηλεφώνου ή φαξ.

Ωστόσο, τα αρχεία στο Blockchain θα αυξάνονται συνεχώς, κι αν δεν υπάρχει ένα σχολαστικά σχεδιασμένο σχέδιο, που να συλλαμβάνει κάθε ειδικό θέμα που σχετίζεται με την υγεία από όλες τις συναλλαγές και καταγραφές, τότε αυτό θα συνεπαγόταν εξαντλητική διαδικασία ανάκτησης πληροφοριών στις αναζητήσεις λήψης και το φιλτράρισμα θεμάτων, και μπορεί να είχε ως αποτέλεσμα καθυστερημένες απαντήσεις. Ένα καλό σχέδιο πρέπει να υποστηρίζει το δίκτυο ώστε να διευκολύνεται η συντονισμένη φροντίδα και αναζήτηση, καθώς συμβαίνουν τα γεγονότα. Για παράδειγμα, η φροντίδα πρέπει να είναι απρόσκοπτη από το σημείο που ο ασθενής αναγγέλλει αυτοβούλως ασθένεια (π.χ. μέσω γνωστής διαδικτυακής ή κινητής διεπαφής), ή στο όταν ο ασθενής λαμβάνει τις απαραίτητες συνταγές που έχουν δημιουργηθεί από τον πάροχο της πρωτοβάθμιας περίθαλψης. Επιπλέον, οι κλινικές αναφορές και οι διαδικασίες παρακολούθησης θα πρέπει όλες να διαβιβάζονται προς και από τους συνδεδεμένους κόμβους του δικτύου.

Δεδομένου ότι τα δεδομένα λοιπόν συλλέγονται, επικυρώνονται και διανέμονται σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, ο πάροχος υπηρεσιών φροντίδας μπορεί να έχει εύκολη και γρήγορη πρόσβαση μέσω του blockchain για να παρακολουθεί και να βελτιώνει την υγεία του ασθενούς. ο παραλήπτης της φροντίδας μπορεί να ενθαρρυνθεί ή να επιδιώξει ωφέλιμες δραστηριότητες και αλλαγές στην αγωγή που συμβάλλουν στην επίτευξη των καθορισμένων στόχων περίθαλψης και ο ασφαλιστής του ασθενούς μπορεί να ελέγξει με ακρίβεια και να αποφασίσει τις πληρωμές που πρέπει να γίνουν χωρίς περιθώρια για απάτη. Κι όλα αυτά επιτυγχάνονται άμεσα και γρήγορα, και από οποιοδήποτε μέρος, αρκεί να υπάρχει πρόσβαση στο δίκτυο Blockchain . Έτσι ανεξάρτητα από την κατάσταση του ασθενούς και τις συνθήκες που επικρατούν, επαληθεύονται εύκολα τα στοιχεία και το ιστορικό του, μέσω του ηλεκτρονικού του φακέλου υγείας κι μπορεί άμεσα να ληφθεί απόφαση για την κατάλληλη αγωγή.

Μία τέτοια αλλαγή στον ιατρικό τομέα μπορεί να αποφέρει αποτελεσματικότερη και γρηγορότερη ιατρική περίθαλψη, καθώς και μείωση του χρόνου εξυπηρέτησης των επειγόντων περιστατικών στα κέντρα περίθαλψης. Η γενική διαθεσιμότητα των δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

## Έρευνα

Οι κλινικές δοκιμές χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων φαρμάκων που θεραπεύουν συγκεκριμένες ασθένειες ή για την εφεύρεση καινούριων. Αυτά τα τεστ μπορούν είτε να αποδείξουν είτε να διαψεύσουν μια προσφερόμενη υπόθεση. Κατά τη διάρκεια κλινικών δοκιμών, οι ερευνητές αποκτούν και καταγράφουν πολλές πληροφορίες σχετικά με στατιστικές, αποτελέσματα δοκιμών, εκθέσεις ποιότητας κ.λπ. Κάθε επιστήμονας είναι υπεύθυνος για συγκεκριμένες έρευνες, καθιστώντας δύσκολο τον έλεγχο όλων. Αυτά τα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να τροποποιηθούν ή να αποκρυφτούν εύκολα, προκειμένου να αλλάξουν το σύνολο των αποτελεσμάτων της πραγματοποιηθείσας έρευνας. Οι εγκληματίες ενδιαφέρονται να καταγράψουν τα ευεργετικά για αυτούς αποτελέσματα, ακόμη και αν τα δεδομένα δεν συμπίπτουν με την πραγματικότητα.

Μια αλυσίδα εφοδιασμού δεδομένων υγείας θα μπορούσε να φέρει αλλαγές στην επόμενη γενιά επιστημονικής έρευνας. Η χειρουργική και ιατρική έρευνα σήμερα επιβαρύνεται από τη δυσκολία δημιουργίας μεγάλων όγκων δεδομένων για μεγάλο αριθμό ασθενών. Το κόστος, η εργασία και το σφάλμα που σχετίζονται με τη μη αυτόματη ενημέρωση βάσεων δεδομένων όπως το ACS NSQIP των Ηνωμένων Πολιτειών, η εθνική τράπεζα δεδομένων των ΗΠΑ σχετικά με τα τραυμάτα ή η εθνική βάση δεδομένων, που διαθέτουν, για τον καρκίνο, μπορούν όλα να αποφευχθούν αν ενσωματωθούν κλινικά δεδομένα σε έναν κοινό ψηφιακό δίκτυο με δυνατότητα αναζήτησης και ανάκτησης πληροφοριών. Επιπλέον, η ισχύς αυτών των δεδομένων θα ενισχυθεί τα προσεχή έτη, εάν τα δεδομένα των γενετικών δεδομένων από δημόσιες πηγές και τα φαινοτυπικά δεδομένα από φορητές συσκευές μπορούν να ενσωματωθούν αποτελεσματικά στον ηλεκτρονικό φάκελο υγείας EHR [6].

Η τεχνολογία Blockchain θα μπορούσε να βελτιώσει το σύνολο της διερευνητικής διαδικασίας όχι μόνο στο στάδιο της αναθεώρησης, αλλά και κατά την εκτέλεση της ίδιας της πειραματικής εργασίας. Με αυτή την έννοια, μια κλινική

δοκιμή απαιτεί μια σύνθετη ροή πληροφοριών από πολλούς παράγοντες: τους ασθενείς, την υγεία, τα στατιστικά, τις οργανώσεις και τις επιτροπές. Το BCT θα μπορούσε να διευκολύνει τέτοιες μελέτες σε διάφορα επίπεδα [7] , συμπεριλαμβανομένων των εξής:

### Σχεδιασμός μελέτης

Ο σχεδιασμός μελέτης αποτελεί αναπόφευκτο στάδιο πριν την εκκίνηση κάθε είδους έρευνας. Η ποιοτική μεθοδολογία και ο σχεδιασμός μελετών παρέχει εργαλεία για τους ερευνητές να μελετούν πολύπλοκα και δύσκολα φαινόμενα απλά ακολουθώντας ήδη σχεδιασμένα και προκαθορισμένα πλαίσια και στάδια. Όταν η προσέγγιση εφαρμόζεται και επιτυγχάνει το σκοπό της τότε γίνεται μια πολύτιμη μέθοδος και εργαλείο για μελλοντικές έρευνες στην επιστήμη της υγείας, καθώς και για την ανάπτυξη κάποιας ευρέως αποδεκτής θεωρίας, και για την αξιολόγηση προγραμμάτων και την ανάπτυξη παρεμβάσεων [8].

Το πρωτόκολλο μελέτης σε ένα δίκτυο Blockchain μπορεί να καταγράφει στοιχεία με όλη την πολυπλοκότητα που απαιτείται, συμπεριλαμβανομένης της στατιστικής ανάλυσης. Μπορεί να καθορίσει τον τύπο και το είδος της μελέτης, τα πρωτογενή και δευτερογενή προσδοκώμενα αποτελέσματα και να καθορίσει τα κριτήρια για την καταχώριση, την ομαδοποίηση, τα τελικά σημεία και το μέγεθος του δείγματος. Αυτές όλες οι πληροφορίες μπορούν να καταγραφούν ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε αλλοίωση στο δείγμα. Αυτό, βέβαια, εμποδίζει τη δυνατότητα τροποποίησης του αρχικού σχεδιασμού βάσει των συλλεγόμενων δεδομένων αλλάζοντας ενδεχομένως τα αποτελέσματα, ευνοώντας ή αγνοώντας ορισμένες μεταβλητές της μελέτης [9].

## Κλινικές δοκιμές

Ένας άλλος τομέας που μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι η αύξηση του αριθμού συμμετοχής και συγκατάθεσης στη μελέτη. Ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα, που μπορεί να επηρεάσει μέχρι και το 10 τοις εκατό των κλινικών δοκιμών, είναι προβλήματα που σχετίζονται με τις συγκαταθέσεις των συμμετεχόντων στη μελέτη, όπως η μη συγκατάθεση, η ανεπαρκής συναίνεση και κάποια απώλεια συγκατάθεσης [7]. Με την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας, όχι μόνο μπορεί οποιαδήποτε συναίνεση να καταγράφεται, αλλά και το ίδιο το πρωτόκολλο μελέτης μπορεί να αποθηκευτεί μαζί με την ενημερωμένη και πρόσφατη συγκατάθεση, και μάλιστα υπογεγραμμένη από τον συμμετέχοντα. Στην περίπτωση τροποποιήσεων πρωτοκόλλου, μπορεί να γίνει επανεξέταση του ασθενούς και να αναδημοσιευτεί μαζί με την τροποποίηση. Αυτή η όλη διαδικασία θα εκτελεστεί με ασφάλεια και χρονοσήμανση. Είναι ένας τρόπος παροχής μεγαλύτερης ευρωστίας στην ασφάλεια και την αξιοπιστία της συγκατάθεσης. Το BCT προσαρμόζεται επίσης σε διάφορες στρατηγικές ψηφιακής υπογραφής, όπως κοινές υπογραφές και υπογραφές του ίδιου του εγγράφου που εκτελούνται από πολλούς χρήστες [9].

Οι τυχαίες και δοκιμαστικές κλινικές έρευνες αποτελούν τον πυρήνα του σύγχρονου συστήματος υγείας μας και τον πυλώνα στήριξης της φαρμακευτικής βιομηχανίας, έρευνας και ανάπτυξης. Θεωρούνται ως το κύριο πρότυπο και αντιπροσωπεύουν το πρωτόκολλο με το οποίο αξιολογούνται τα νέα αποτελέσματα (οφέλη) και η ασφάλεια (ενδεχόμενοι κίνδυνοι) για νέες θεραπείες, συμπεριλαμβανομένων των φαρμακευτικών ουσιών και των ιατρικών συσκευών, προτού παραδοθούν στους ασθενείς [10]. Ωστόσο, ο σημερινός σχεδιασμός και η επιχειρησιακή οργάνωση των κλινικών δοκιμών καθίστανται ολοένα και πιο περίπλοκες και αποτελούν εμπόδιο για την καινοτομία και την ανάπτυξη στον τομέα της υγείας και των βιοεπιστημών. Σήμερα, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση τυχαιοποιημένων κλινικών δοκιμών κοστίζουν εκατομμύρια και χρειάζονται και μεγάλο χρονικό διάστημα για να ολοκληρωθούν. Αυτό μπορεί να παρεμποδίσει την

έγκαιρη εφεύρεση αποτελεσματικών θεραπειών στους ασθενείς, που χρειάζονται άμεση βοήθεια ιατρικής περίθαλψης. Επιπλέον, παρά την αύξηση των δαπανών και των χρηματοδοτήσεων για την ανάπτυξη κλινικών δοκιμών, ο αριθμός των νέων και καινούριων φαρμάκων και άλλων εγκεκριμένων ιατρικών θεραπειών είναι συγκριτικά στάσιμος. Το ποσοστό επιτυχίας ενός φαρμάκου από την πρώτη φάση μιας κλινικής δοκιμής έως την έγκριση είναι περίπου μόλις 9,6 τοις εκατό [10] με τις νέες καινοτόμες θεραπείες να χάνουν ακόμα και το 6,2 τοις εκατό. Στην περίπτωση της έρευνας Alzheimer και άνοιας, οι κλινικές δοκιμές τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχουν σχεδόν αποτύχει με σχετικά μεγάλο ποσοστό[10].

Είναι επίσης αυτονόητο ότι οι κλινικές δοκιμές είναι αποτελεσματικές μόνο στην υποστήριξη της ιατρικής πρακτικής εάν δημοσιευθούν, καθώς μόνο τότε έχουν πρόσβαση κι άλλα ινστιτούτα έρευνας. Σε μια πρόσφατη μελέτη που εξετάζει μεγάλες τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές, το 29 τοις εκατό των μελετών που δημοσιοποιήθηκαν, τα χρήσιμα αποτελέσματα που είχαν στις δοκιμές, όπως το ClinicalTrials.gov, στην καλύτερη περίπτωση απλά περιορίστηκαν. Τα αποτελέσματα αυτά αντικατοπτρίζουν τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η σημερινή υγειονομική περίθαλψη για την υποστήριξη καινοτομιών και ανακαλύψεων, καθώς και για την αξιολόγηση των υφιστάμενων θεραπειών. η οποία έχει εγείρει πολλές ανησυχίες στην επιστημονική κοινότητα σχετικά με το σημερινό μοντέλο κλινικών δοκιμών και υποστηρίζεται ότι είναι υπερβολικά περίπλοκη, ακριβή, ανεπαρκής και αδιαφανής [10].

Τα δεδομένα από κλινικές δοκιμές αποκρύπτονται (όχι εσκεμμένα) συνήθως από ερευνητές, γιατρούς και ασθενείς, οδηγώντας σε έλλειψη εμπιστοσύνης στην όλη διαδικασία και υπογραμμίζοντας την ανάγκη μεγαλύτερης διαφάνειας [11]. Αν και υπήρξαν προσπάθειες από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας που απαιτεί από όλους διαφανείς και δημόσιες δοκιμές για να κάνουν τις μεθόδους τους και τα αποτελέσματα να είναι ευρέως διαθέσιμα, άποψη που υποστηρίζεται από το Ηνωμένο Βασίλειο Φαρμάκων και Προϊόντων Υγείας (MHRA), που είναι ρυθμιστικός οργανισμός. Για παράδειγμα, ενώ οι κανονισμοί των Ηνωμένων Πολιτειών για τα Τρόφιμα και τα Φάρμακα (FDA) απαιτούν τη δημόσια διάθεση μεθόδων και αποτελεσμάτων όλων των κλινικών δοκιμών, μια πρόσφατη μελέτη

υποδηλώνει ότι για περισσότερο από τις μισές δοκιμές δεν πραγματοποιήθηκε [12]. Και αυτό δεν συνεπάγεται ότι η νομοθεσία θα λύσει αυτά τα προβλήματα. Οι τεχνολογικές λύσεις, όπως η χρήση Blockchain για τη διαχείριση όλων των καταγραφών, μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτική στρατηγική για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, χωρίς να αποτελεί εγγύηση.

Το Ινστιτούτο Ιατρικής των Ηπα, στην έκθεση της με τίτλο "Προβλέποντας μια μετασχηματισμένη επιχείρηση κλινικών δοκιμών στις Ηνωμένες Πολιτείες", αναγνωρίζει ότι πρέπει να πραγματοποιηθεί ένας μετασχηματισμός κλινικών δοκιμών άμεσα για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ του στόχου της παροχής υψηλής ποιότητας περίθαλψης και της πραγματικότητας όπου έχουμε περιορισμένη ικανότητα να παράγουμε έγκαιρα και πρακτικά στοιχεία [10].

## Ανάλυση δεδομένων

Η ανάλυση δεδομένων στη BCT μπορεί να γίνει αυτόματα, σύμφωνα με το σχέδιο στατιστικής ανάλυσης, αφού θα είναι σχεδιασμένο εκ των προτέρων [13]. Οποιαδήποτε προσπάθεια αλλαγής των μεταβλητών του τρόπου επεξεργασίας θα σταματούσε αμέσως τον κώδικα της ίδιας της μελέτης, εμποδίζοντας τη χρήση της. Αυτό όχι μόνο θα βελτίωνε σημαντικά την ασφάλεια των πληροφοριών, αλλά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και να αξιοποιηθεί από έναν άλλο ερευνητή, το οποίο είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα με τις σημερινές έρευνες. Επειδή πρόκειται για ένα αποκεντρωμένο σύστημα που συντηρείται από τους ίδιους τους χρήστες, μπορεί να χρειαστεί να επικυρωθεί η πορεία της μελέτης από τους διάφορους παράγοντες που εμπλέκονται σε αυτήν εφαρμογή, το οποίο θα αποτελούσε πρόσθετο μέτρο ασφάλειας.

Επιπλέον, χάρη στην ικανότητά της τεχνολογίας αυτής να χρησιμοποιεί ασύμμετρα εργαλεία κρυπτογραφίας, επιτρέπει τη μυστικότητα και εγκυρότητα. Με αυτόν τον τρόπο, οι ασθενείς μπορούν να μοιράζονται κλινικά δεδομένα χωρίς να χρειάζεται να μοιράζονται ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα. Επιπροσθέτως, διαφορετικοί ερευνητές από εκείνους που συμμετέχουν στη μελέτη θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε κλινικά δεδομένα ασθενών πριν από την αναλυτική επεξεργασία (ακατέργαστα και μη επεξεργασμένα δεδομένα) για δευτερογενείς αναλύσεις, αναθεωρήσεις ή και μεταγενέστερες αναλύσεις.



## Ανάγκες και προϋποθέσεις για την υιοθέτηση του blockchain στην κλινική έρευνα

Συνοψίζοντας σε όλα τα παραπάνω επίπεδα υπάρχει αυξημένη πιθανότητα να βελτιωθούν, αλλά προκειμένου να εφαρμοστεί με επιτυχία η τεχνολογία Blockchain στην κλινική έρευνα, υπάρχουν κάποιες βασικές ανάγκες και προϋποθέσεις. Κάποιες από αυτές είναι οι εξής:

### **1. Μοντέλο σχεδιασμού**

Απαιτείται ένα μοντέλο για την αξιοποίηση του blockchain και την παροχή βοήθειας σε ερευνητές για την ανάπτυξη εφαρμογών blockchain. Κατάλληλο είναι ένα απλό, εννοιολογικό μοντέλο για το σχεδιασμό εφαρμογών για κλινικές έρευνες που βασίζονται σε εφαρμογές του blockchain [14]. Αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρτογραφήσει οντότητες και διαδικασίες στην κλινική έρευνα για να μπλοκάρει στοιχεία για να διευκολύνει το σχεδιασμό των εφαρμογών blockchain.

Τα τέσσερα επιμέρους στοιχεία αυτού του εννοιολογικού μοντέλου είναι:

**Κόμβοι :** Οι κόμβοι είναι οντότητες που συμμετέχουν σε μια εφαρμογή blockchain. Οι κόμβοι μπορούν να εκπροσωπούν τους ερευνητικούς οργανισμούς και παρόχους ή τις υπομονάδες τους, όπως για παράδειγμα οι εξεταστικοί πίνακες αξιολόγησης (IRBs), ή τα συστήματα κλινικών δεδομένων και οι ρυθμιστικοί φορείς όπως ο FDA. Μπορούν επίσης να εκπροσωπούν άτομα που συμμετέχουν στην έρευνα, όπως συμμετέχοντες και ερευνητές.

**Συναλλαγές :** Οι συναλλαγές αντιπροσωπεύουν τις κλινικές ερευνητικές διαδικασίες που περιλαμβάνουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων φορέων που εμπλέκονται.

**Δεδομένα :** Το επίπεδο αυτό αντιπροσωπεύει τα δεδομένα κλινικής έρευνας που παράγονται από τις συναλλαγές και τις σχετικές διαδρομές ελέγχου.

**Λογική** : Αυτή είναι η επιχειρησιακή λογική που δεσμεύει τα παραπάνω τρία επίπεδα, καθορίζοντας τον πηγαίο κώδικα που στηρίζει το σύστημα.

## **2. Μοντέλο αξιολόγησης**

Ένα μοντέλο αξιολόγησης θα ήταν χρήσιμο για να βοηθήσει τους ερευνητές να ξεπεράσουν τη διαφημιστική εκστρατεία του blockchain για να εντοπίσουν και να δώσουν προτεραιότητα σε έργα που θα μπορούσαν να προσφέρουν πραγματική και σημαντική αξία. Ένα απλό μοντέλο αξιολόγησης θα περιλαμβάνει δύο άξονες: την ευκολία υλοποίησης και τον βαθμό στον οποίο η καινοτομία χρησιμοποιεί τα πλεονεκτήματα του blockchain. Τα ιδανικά έργα θα αξιοποιήσουν τα βασικά πλεονεκτήματα του blockchain και θα έχουν μεγάλη ευκολία εφαρμογής (και συνεπώς χαμηλό κόστος εφαρμογής). Πιο πολύπλοκα μοντέλα θα μπορούσαν επίσης να περιλαμβάνουν αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο η καινοτομία επιλύει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα στην κλινική έρευνα και αν το πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα πληροφοριακά συστήματα, στα οποία ο οργανισμός έχει επενδύσει πόρους.

## **3. Οδηγός πορείας υλοποίησης**

Ένας χάρτης καθοδήγησης της εφαρμογής που περιγράφει τα διάφορα συστατικά μιας λύσης blockchain για ένα πρόβλημα κλινικής έρευνας θα μπορούσε τόσο να ενημερώσει το μοντέλο αξιολόγησης όσο και να μάθει από αυτό. Μια ανασκόπηση των εφαρμογών blockchain όπως το Bitcoin και κρυπτογραφημένες πλατφόρμες όπως το Hyperledger παρέχει μια κατανόηση των κύριων συνιστωσών ενός χάρτη καθοδήγησης της εφαρμογής για μια λύση blockchain.

Τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου τέτοιου χάρτη θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν:

**Permissioning** : Το Blockchain μπορεί να επιτρέπεται να είναι δημόσιο, όπως συμβαίνει και με το Bitcoin, ή ιδιωτικό. Τα ιδιωτικά δίκτυα blockchain, όπου οι κόμβοι μπορούν να συμμετέχουν μόνο με πρόσκληση, είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στις εφαρμογές κλινικής έρευνας. Η εναλλακτική λύση είναι μια μπλοκ αλυσίδα κοινοπραξίας, όπου ένας ορισμένος αριθμός κόμβων ελέγχουν τη συναίνεση και επομένως την εγκυρότητα των συναλλαγών, ενώ οι άλλοι κόμβοι περιορίζονται στην ανάγνωση του μπλοκ αλυσίδας.

**Διαχείριση ταυτότητας** : Η διαχείριση ταυτότητας είναι η διαδικασία πιστοποίησης και διατήρησης των ταυτοτήτων και των ρόλων κάθε κόμβου σε ένα μπλοκ αλυσίδα. Στην υγειονομική περίθαλψη και την κλινική έρευνα, υπάρχει ανάγκη να εντοπιστούν οι κόμβοι και να συνδεθούν με μοναδικά άτομα ή οντότητες - οργανώσεις και τα έγγραφα αναγνώρισής τους στον πραγματικό κόσμο.

**Λογική συναίνεσης** : Δηλαδή να περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο οι κόμβοι θα επιτύχουν συναίνεση όταν η εφαρμογή δεν έχει κάποια κεντρική αρχή ή αυτόματη διαδικασία αρχειοθέτησης.

**Διακυβέρνηση και διαχείριση** : Η διοικητική συνιστώσα αντιπροσωπεύει τους κανονισμούς και τις κατευθυντήριες γραμμές που είναι εγγενείς στην κλινική έρευνα. Αυτό αξίζει ιδιαίτερη προσοχή κατά την εφαρμογή λόγω της δυνατότητάς του να επηρεάσει τόσο τη σκοπιμότητα όσο και το κόστος.

**Διεπαφές**: Οι διασυνδέσεις επιτρέπουν την αλληλεπίδραση εφαρμογών blockchain με άλλα συστήματα στα περίπλοκα οικοσυστήματα της υγειονομικής περίθαλψης και της κλινικής έρευνας. Για παράδειγμα, ορισμένα ή τα περισσότερα από τα δεδομένα ενδέχεται να αποθηκευτούν εκτός μπλοκ αλυσίδας και σε παραδοσιακά συστήματα για να αποφευχθεί η αποθήκευση μεγάλων δεδομένων σε μπλοκ αλυσίδες, δημιουργώντας την ανάγκη για διεπαφές. Επίσης, ο σχεδιασμός διεπαφών μπορεί να είναι περίπλοκος, δεδομένου του προβλήματος διαλειτουργικότητας που είναι εγγενής στον τομέα.

## **Big Data**

Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης του BCT ως ηλεκτρονικού συστήματος καταγραφής της υγείας είναι ότι μπορεί να προσαρμοστεί να είναι συμβατή με τη τεχνολογία Big Data. Big Data ή στα ελληνικά Μεγάλα δεδομένα ορίζεται ως η αποθήκευση και η ανάλυση μεγάλου σε όγκο και αρκετά περίπλοκες ποσότητες πληροφοριών [15]. Κατά την εξέταση των ιατρικών αρχείων ως δεδομένων, πρέπει να σημειωθεί ότι έχει εκτιμηθεί ότι μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες περισσότερα από ένα δισεκατομμύριο ιατρικές επισκέψεις ετησίως αναμένεται να πραγματοποιηθούν [16]. Όλα αυτά τα κλινικά αρχεία θεωρούνται κατάλληλα για ανάλυση χρησιμοποιώντας τεχνικές μεγάλων δεδομένων, και γι 'αυτό έχει προκύψει ενδιαφέρον σε αυτόν τον τύπο τεχνολογίας που εφαρμόζεται στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

Καταβάλλεται ήδη κάποια προσπάθεια από διάφορους οργανισμούς για τη δημιουργία ενός ηλεκτρονικού παγκόσμιου συστήματος υγείας που να επιτρέπει την πρόληψη και την εξατομικευμένη περίθαλψη των ασθενών, επιτρέποντας την επίτευξη παραγωγικών ευρημάτων που θα αποτελούν ενθάρρυνση για τη συμμετοχή όλων των ασθενών [16]. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών είναι αυτό που επιτρέπει την ανάλυση αυτόν τον μαζικό όγκο πληροφοριών. Το τεράστιο μέγεθος των αποθηκευμένων πληροφοριών έχει να κάνει και με την ποικιλία των τύπων και γενικά το είδος των δεδομένων της. Στην ανάλυση Big Data, επεξεργάζονται τέτοιες τεράστιες ποσότητες πληροφοριών, διαφορετικών τύπων, και μάλιστα με μεγάλη ταχύτητα. Η θεμελιώδης χρήση μεγάλων δεδομένων είναι η ανακάλυψη νέων κλινικών μοντέλων και η εύρεση σχέσεων μεταξύ διαφόρων οντοτήτων ή στοιχείων που μπορεί να είχαν περάσει απαρατήρητα από άλλες παλαιότερες τεχνικές ανάλυσης. Μια χρήση που έχει γίνει από μεγάλα δεδομένα είναι η ανάλυση και η επεξεργασία ηλεκτρονικών κλινικών έγγραφα προκειμένου να εντοπιστούν ορισμένα κλινικά ευρήματα, ανεπιθύμητες ενέργειες ή άλλη σχετική ιατρική πληροφορία.

Τα μεγάλα δεδομένα θα μπορούσαν να είναι πολύ χρήσιμα στους ακόλουθους τομείς [17]:

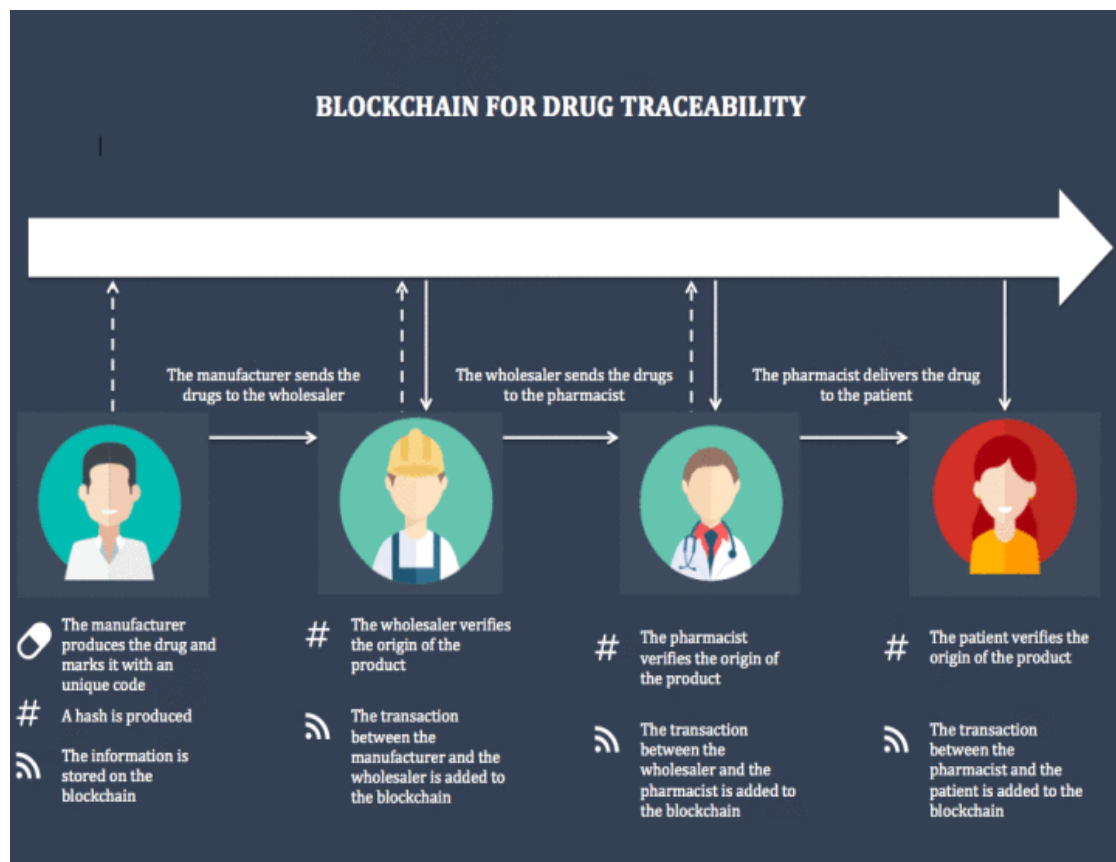
- Βελτίωση της ευαισθησίας και της ειδικότητας για τον εντοπισμό συγκεκριμένων κλινικών περιπτώσεων.
- Διευκόλυνση στην ομαδοποίηση των πληροφοριών για ευκολότερη εφαρμογή σε κλινικές δοκιμές.
- Συνολική εκτίμηση της υγείας ενός πληθυσμού ή μιας ομάδας ατόμων.
- Βελτιστοποίηση των εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων.

Η ενσωμάτωση τεχνικών Big Data σε ηλεκτρονικά αρχεία υγείας θα μπορούσε να υλοποιήσει τις ανάγκες ασφάλειας και αποτελεσματικότητας με τις οποίες οποιαδήποτε ιατρική κοινότητα θα εφαρμόσει τα ηλεκτρονικά μητρώα υγείας. Η μεγάλη ανάλυση δεδομένων εκτελείται συνήθως σε κατακεκομμένες βάσεις δεδομένων, οι οποίες είναι συνήθως ανώτερες από εκείνες του blockchain. Διαθέτουν υψηλή απόδοση, χαμηλότερη καθυστέρηση, μεγαλύτερη χωρητικότητα [18]. Ωστόσο, έχουν δημιουργηθεί βάσεις δεδομένων blockchain που επιτρέπουν την εισαγωγή, ανάλυση και εκμετάλλευση τεράστιων ποσοτήτων πληροφοριών συμβατών με μεγάλη ανάλυση δεδομένων. Βέβαια αυτό επιλύεται πολύ εύκολα τροποποιώντας ένα μεγάλο μέγεθος δεδομένων βάσης δεδομένων και προσθέτοντας χαρακτηριστικά BCT [18]. Αυτές οι βάσεις δεδομένων μπλοκαρίσματος θα είχαν ένα πλεονέκτημα έναντι των συμβατικών κατακεκομμένων βάσεων δεδομένων [18]. Αυτά τα πλεονεκτήματα θα σήμαιναν ότι οι βάσεις δεδομένων με βάση τη BCT θα μπορούσαν να είναι ανώτερες από αυτές με μη κατακεκομμένες βάσεις δεδομένων, βελτιστοποιώντας τη χρήση μεγάλων δεδομένων.

## **Ιχνηλασιμότητα από τις απομιμήσεις φαρμάκων**

Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα στη φαρμακολογία είναι η απομίμηση φαρμάκων. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Χρηματοδότησης Έρευνας για την Υγεία (HRFO) των Ηνωμένων Πολιτειών, περίπου το 10 με 30 τοις εκατό των φαρμακευτικών ουσιών στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι ψεύτικες. Οι αμερικανικές επιχειρήσεις χάνουν έως και 200 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως λόγω παραχάραξης φαρμάκων. Ωστόσο, ο κύριος λόγος δεν είναι η ίδια η παραποίηση, αλλά μάλλον ότι τα φάρμακα αυτά παράγουν διαφορετικά αποτελέσματα από τα παραδοσιακά. Μπορεί ακόμα και να μην βοηθήσουν καθόλου τους ασθενείς, ή ακόμη και να έχουν αρνητικές επιπτώσεις και να είναι επιβλαβείς και επικίνδυνες για την υγεία ενός ατόμου.

Καθώς όλες οι συναλλαγές στο blockchain είναι αμετάβλητες και καταγεγραμμένες, είναι εύκολο να ανιχνευθούν παράνομοι αντιπρόσωποι και πάροχοι φαρμακευτικών ουσιών. Υπάρχουν δύο τύποι μπλοκ αλυσίδων: ιδιωτικοί και δημόσιοι. Οι αξιόπιστες εταιρείες blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να καταχωρίσουν τα προϊόντα τους στο ιδιωτικό σύστημα για να εξασφαλίσουν την αυθεντικότητα και την υψηλή ποιότητα των φαρμάκων τους. Οι ιδιωτικές μπλοκ αλυσίδες συντονίζονται από κεντρικές οντότητες και το γεγονός ότι ένας συγκεκριμένος παραγωγός ή διανομέας έχει άδεια πρόσβασης και διανομής του συγκεκριμένου φαρμάκου αποτελεί απόδειξη της αυθεντικότητας των ουσιών που παρέχει. Εδώ είναι όπου η τεχνολογία Blockchain είναι χρήσιμη. Μόλις ένα φάρμακο παράγεται και μετακινείται από τον κατασκευαστή στον λιανοπωλητή, τα επιχειρησιακά δεδομένα καταγράφονται στην αλυσίδα. Αυτό καθιστά εξαιρετικά εύκολο να επαληθεύσει όλη την πορεία του φαρμάκου και να καθορίσει όλες τις συνδέσεις της αλυσίδας ανά πάσα στιγμή.



Εικόνα 5: Απεικόνιση του τρόπου με τον οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα blockchain για την ιχνηλασιμότητα των φαρμάκων.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> <https://imtinovation.com/digital-health/blockchain/>

## Διαφάνεια και Ασφάλεια

Εκτός από τη διαμεσολάβηση, την ακεραιότητα και την προέλευση των δεδομένων, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης θεωρούν τη διαφάνεια ως ένα από τα κορυφαία πλεονεκτήματα της χρήσης του blockchain στη βιομηχανία τους. Η υγειονομική περίθαλψη είναι μια κρίσιμη και υπό συνεχή έλεγχο βιομηχανία, είναι πολύ σημαντικό να διασφαλιστεί η καλά οργανωμένη μεθοδολογία καθώς και οι διαφανείς διαδικασίες. Ταυτοχρόνως, τα μέτρα ασφαλείας υψηλού επιπέδου και η ακρίβεια 100 τοις εκατό είναι σημαντικά ζητήματα και προκλήσεις. Η τεχνολογία Blockchain δεν οδηγεί μόνο σε ολοκληρωμένες πληροφορίες για την υγειονομική περίθαλψη, αλλά διατηρεί επίσης ανιχνεύσιμα αρχεία κατανεμημένων δεδομένων και εργασίας. Εξάλλου, η πρόσβαση του δημόσιου ή ιδιωτικού κλειδιού διασφαλίζει σθεναρά τη συνολική ασφάλεια εξαλείφοντας τις πιθανότητες κάποιας διαρροής δεδομένων. Η τεχνολογία Blockchain διευκολύνει επίσης την παρακολούθηση της κίνησης του φαρμάκου από τον παραγωγό έως τον ασθενή. Εκτός από τη διασφάλιση της έγκαιρης προμήθειας, εξαλείφει επίσης τις πιθανότητες παραχάραξης από τρίτους. Η τεχνολογία Blockchain βελτιώνει την ασφάλεια της παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Η δόλια τιμολόγηση του Medicare, για παράδειγμα, κοστίζει στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης περισσότερα από 60 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως.

Η καθιέρωση ενός αμετάβλητου μπλοκ αλφαδιού, στο οποίο οι ασθενείς ενημερώνονται για όλες τις αλλαγές στα αρχεία και τους λογαριασμούς τους για την υγειονομική περίθαλψη, θα εξαλείψει την πιθανότητα τέτοιας κατάχρησης. Η θέσπιση ενός τέτοιου συστήματος θα ενίσχυε επίσης την ασφάλεια των αλυσίδων εφοδιασμού φαρμάκων και συσκευών. Τα πλαστά φάρμακα θεωρείται ότι αποτελούν τόσο απειλή για τη δημόσια υγεία όσο και σημαντικό κόστος για τις φαρμακοβιομηχανίες, που κοστίζει 10 δισεκατομμύρια Ευρώ στην Ευρωζώνη ετησίως. Συστήματα που βασίζονται σε blockchain και στοχεύουν στην παρακολούθηση κάθε σταδίου της προμήθειας φαρμάκων και της παράδοσης με κάθε διαμεσολαβητή, που συνεισφέρει κρυπτογραφικό κλειδί σε τελικό προϊόν



κατακερματισμού, αναπτύσσονται ήδη για την εξάλειψη αυτού του προβλήματος.

Υπάρχουν επίσης ζητήματα ασφάλειας που σχετίζονται με την κεντρική φύση αυτών των αρχείων με την τρέχουσα μορφή τους, καθιστώντας τους συχνούς στόχους επιθέσεων στον κυβερνοχώρο. Περισσότερο από το ένα τρίτο της έκθεσης εμπιστοσύνης των Εθνικών Υπηρεσιών Υγείας του Ηνωμένου Βασιλείου (NHS) έρχεται υπό επιθέσεις στον κυβερνοχώρο και περισσότεροι από 110 εκατομμύρια Αμερικανοί πολίτες είχαν υποκλέψει δεδομένα για την υγειονομική περίθαλψη το 2015 μόνο. Το 2016, οι χάκερ στόχευσαν πολλά νοσοκομεία στις αποκαλούμενες "επιθέσεις ransomware", όπου οι χάκερς κλείδωναν τα συστήματα ΗΜΥ μέχρι να πληρωθούν λύτρα, με τουλάχιστον ένα νοσοκομείο στο Λος Άντζελες της Καλιφόρνια, που παραδέχτηκε ότι πληρώνει για να καλύψει τις απαιτήσεις των χάκερ.

Ιδιοκτησία δεδομένων: Η μετάβαση από το σημερινό παράδειγμα της ανταλλαγής πληροφοριών σε ένα EHR έχει τη δυνατότητα να επιστρέψει την κυριότητα των δεδομένων περί υγειονομικής περίθαλψης στους ίδιους τους. Οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης θα χρειάζονταν κρυπτογραφημένα κλειδιά για να ζητήσουν πληροφορίες από ασθενείς και οι ασθενείς θα μπορούσαν με τη σειρά τους να επιλέξουν ποιος έχει πρόσβαση στα ιατρικά τους αρχεία και πότε. Οι ασθενείς θα μπορούσαν ενδεχομένως να εξουσιοδοτήσουν την ανταλλαγή πληροφοριών με νόμιμους παροχείς σε απρόβλεπτες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, χωρίς στην πραγματικότητα να μοιράζονται εκ των προτέρων τα δεδομένα αυτά και να επιλέξουν σε ποιες ερευνητικές οντότητες, εάν υπάρχουν, να δανείζουν τα δεδομένα τους.

## **Μειονεκτήματα**

Παρακάτω παρατίθενται όλα τα βασικά μειονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή στο χώρο της υγείας και της υγειονομικής περίθαλψης, και τα οποία προέκυψαν από ποικίλλες μελέτες και αναφορές.

## **Ηθικό Πλαίσιο**

Το θεμελιώδες δικαίωμα των ασθενών στην προστασία των δεδομένων τους σχετικά με την υγεία αποτελεί μείζων ζήτημα σε διάφορα πλαίσια, όπως η υγειονομική περίθαλψη, η φροντίδα που παρέχεται μέσω της ηλεκτρονικής υγείας ή σε διασυνοριακό πλαίσιο, καθώς και στην έρευνα. Η υγεία και τα γενετικά δεδομένα των ασθενών είναι ευαίσθητες πληροφορίες που απαιτούν υψηλό επίπεδο προστασίας για να διασφαλιστεί ότι δεν αποκαλύπτονται άσκοπα και χωρίς λόγο. Ταυτόχρονα, η ομαλή ανταλλαγή αυτών των δεδομένων είναι απολύτως απαραίτητη για την καλή λειτουργία των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης, την ασφάλεια των ασθενών και την προώθηση της έρευνας.

Ο σεβασμός της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων και των συναλλαγών είναι ένας βασικός μισθωτής για αυτά του είδους τα έργα, όπως το Blockchain, Bitcoin κ.λπ. . Ταυτόχρονα όμως αποτελεί και εμπόδιο στην ανάπτυξη τους. Σε ένα πλαίσιο αυξανόμενης δυσπιστίας των θεσμών από πολλές χώρες και εξαιρετικής ευαισθησίας σχετικά με τα δικαιώματα στην πληροφόρηση και το σεβασμό της ιδιωτικής ζωής, είναι κρίσιμη η σωστή και οργανωμένη οικοδόμηση διαδικασίας συναίνεσης και διαπίστευσης δικτύου Blockchain, όπως δύναται να επιτευχθεί με τη σημερινή κατάσταση των γνώσεων και των τεχνολογιών. Η εμπιστοσύνη είναι ο κρίσιμος άξονας για τη συμμετοχή ατόμων σε κλινικές δοκιμές. Το Blockchain είναι ακριβώς μια τεχνολογία που σχεδιάστηκε για να ενισχύσει θεωρητικά την εμπιστοσύνη.

Η πολιτική για την πρόσβαση σε δεδομένα με γνώμονα την προστασία της ιδιωτικής ζωής δεν είναι εύκολη και επιτυγχάνεται με παραδοσιακά μοντέλα ελέγχου πρόσβασης. Ο πρώτος λόγος είναι ότι τα παραδοσιακά μοντέλα ελέγχου πρόσβασης εστιάζουν στο ποιος είναι ο συνδεδεμένος χρήστης, ποια ενέργεια εκτελεί και σε ποιο συγκεκριμένο αντικείμενο δεδομένων, ενώ οι πολιτικές απορρήτου ασχολούνται κυρίως με τον απώτερο στόχο που αξιοποιείται το συγκεκριμένο αντικείμενο δεδομένων.

Το ηθικό πλαίσιο σε κάθε χώρα, αλλά και σε κάθε άνθρωπο ξεχωριστά, είναι διαφορετικό. Οι ηθικές ανοχές ποικίλλουν καθώς πολλοί είναι εκείνοι που επιθυμούν να είναι οι μοναδικοί υπεύθυνοι για τα ψηφιακά ιδιωτικά τους δεδομένα, τις συναλλαγές και τις πληρωμές που έχουν πραγματοποιήσει.

Ο συγγραφέας Τζέφφρεϊ Ροθφίντερ (Jeffrey Rothfeder) ισχυρίζεται (Βιβλίο *Privacy for Sale* ) ότι αυτή η διαδεδομένη απόκτηση και ανταλλαγή δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε αίσθημα αδυναμίας απέναντι στη διείσδυση της ιδιωτικής ζωής. Επίσης συμπληρώνει, ίσως η αυξανόμενη συνάθροιση προσωπικών δεδομένων που τεκμηριώνουν τις λεπτομέρειες των φυσικών χαρακτηριστικών και των ελαττωμάτων, συμπεριφορών, επιθυμιών, συμπεριφορών, αποτυχιών και επιτευγμάτων μας , να δημιουργεί τελικά μια εικονική εκπροσώπηση ( το λεγόμενο «ηλεκτρονικό άλγος»)[19].

## **Αδυναμία Διαγραφής & Ανθρώπινο Λάθος**

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός Blockchain δικτύου είναι ότι χαρακτηρίζεται ως αμετάβλητο. Θεωρητικά τα blockchains δίκτυα δεν μπορούν να αλλάξουν το περιεχόμενο τους μόλις δημιουργηθούν. Σε μια παραδοσιακή βάση δεδομένων, ένας πελάτης μπορεί να εκτελέσει τέσσερις λειτουργίες δεδομένων: Δημιουργία, Ανάγνωση, Ενημέρωση και Διαγραφή (συλλογικά γνωστές ως εντολές CRUD – Create, Read, Update, Delete). Σε αντίθεση, μία μπλοκ αλυσίδα έχει σχεδιαστεί για να έχει μόνο μια δομή προσάρτησης. Ένας χρήστης μπορεί να προσθέσει μόνο περισσότερα δεδομένα, με τη μορφή επιπλέον μπλοκ. Όλα τα προηγούμενα δεδομένα αποθηκεύονται μόνιμα και δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή ακόμα και να διαγραφούν. Επομένως, οι μόνες εργασίες που σχετίζονται με μπλοκ αλυσίδες είναι:

Ανάγνωση λειτουργιών: Ανάκτηση δεδομένων από το δίκτυο Blockchain.

Λειτουργίες εγγραφής: Πρόσθεση δεδομένων στο δίκτυο Blockchain.

Με βάσει τις παραπάνω εργασίες ενός τέτοιου δικτύου για τις συναλλαγές δεν υπάρχει κάποιο μειονέκτημα ή αντίθετο επιχείρημα, σχετικά με το αν η μονιμότητα των πληροφοριών δημιουργεί πρόβλημα στην ορθή λειτουργία. Υπάρχουν όμως δύο βασικά προβλήματα όσον αφορά τη διαγραφή ή τροποποίηση αρχείων και ταυτότητας. Κατ' αρχάς, υπάρχει η ανησυχία ότι οι χρήστες θα έχουν ψευδείς πληροφορίες σχετικά με αυτές που αναφέρονται στην πλατφόρμα δικτύου, καθώς αυτό αποτελεί από μόνο του πρόβλημα εφόσον δεν μπορούν να διορθωθούν σωστά και τα ψευδή αρχεία θα εξαντληθούν εντελώς. Δεύτερον, και πιο σημαντικό, υπάρχουν σαφείς κανονισμοί σε διάφορες χώρες που απαιτούν την κατάργηση ορισμένων πληροφοριών περί ταυτότητας υπό ορισμένες συνθήκες (π.χ. η οδηγία 95 /46 / EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης που προβλέπει το δικαίωμα να ξεχαστεί ένα προσωπικό στοιχείο (ή όπως στα αγγλικά αναφέρεται 'the right to be forgotten' ) και ο νόμος περί προστασίας της ελευθερίας 2012 (Ηνωμένο Βασίλειο - United Kingdom) υποχρεώνει τη διαγραφή καταγεγραμμένων αρχείων DNA μετά από 6

μήνες εκτός αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε κάποιο δικαστήριο σαν αποδεικτικό στοιχείο.

Επίσης, ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός 2016/679 (General Data Protection Regulation, GDPR) ψηφίστηκε στις 27.04.2016 και τέθηκε σε υποχρεωτική εφαρμογή για όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις 25.05.2018, διαμορφώνοντας ένα ενιαίο νομικό πλαίσιο, χωρίς την ανάγκη ψήφισης εθνικής νομοθεσίας για κάθε ευρωπαϊκή χώρα και καταργώντας την κάθε ξεχωριστή υφιστάμενη εθνική νομοθεσία. Ο νέος κανονισμός αυξάνει σημαντικά τις υποχρεώσεις των επιχειρήσεων, ενώ το μέγεθος των προβλεπόμενων προστίμων τον τοποθετεί πολύ υψηλά στην ατζέντα της ανώτατης διοίκησης.

Το αντικείμενο του Γενικού Κανονισμού 2016/679 είναι:

Η διαμόρφωση ενός ενιαίου νομικού πλαισίου για την επεξεργασία προσωπικών δεδομένων στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που θέτει μία σειρά περιορισμών και νέων υποχρεώσεων στις επιχειρήσεις σχετικά με:

1. την επεξεργασία των προσωπικών δεδομένων σε όλο τον κύκλο ζωής τους, από τη συλλογή έως και την καταστροφή τους.
2. τη δυνατότητα μεταφοράς τους σε άλλες χώρες.
3. την προστασία των δικαιωμάτων των φυσικών προσώπων.
4. την ασφάλεια (εμπιστευτικότητα, ακεραιότητα, διαθεσιμότητα) των προσωπικών δεδομένων.
5. τις ενέργειες γνωστοποίησης που οφείλει να κάνει η επιχείρηση σε περίπτωση παραβίασης.

Σε περίπτωση παράβασης ο οργανισμός έχει περιορισμένο χρόνο συμμόρφωσης κι ύστερα προβλέπονται σημαντικά αυξημένα πρόστιμα, που ανάλογα με το είδος και το μέγεθός της, φθάνουν έως τα 20 εκατομμύρια ευρώ ή το 4 τοις εκατό του παγκόσμιου ετήσιου κύκλου εργασιών. Παρατηρείται ακόμα, ότι παρ' όλο που ο κανονισμός δημιουργήθηκε και ισχύει στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τήνεται να υιοθετείται από διάφορες χώρες σε όλο τον κόσμο.


Όλα τα παραπάνω καθιστούν αναγκαία την τροποποίηση των νομοθεσιών σε αρκετές χώρες προκειμένου προσωπικά στοιχεία στον θέμα της υγείας να μπορούν να καταγραφούν σε μία κοινή πλατφόρμα δικτύου, δεδομένου ότι σε ένα δίκτυο Blockchain δεν δύναται η διαγραφή ή τροποποίηση στοιχείων.

Απόρροια αυτής της αδυναμίας διαγραφής αποτελεί επίσης το γεγονός ότι είναι πολύ πιθανόν να υπάρχουν ανθρώπινα λάθη, καθώς οι εγγραφές των δεδομένων στο δίκτυο γίνονται από τον ίδιο τον άνθρωπο. Εάν τα δεδομένα που αποθηκεύτηκαν στο δίκτυο είναι ανακριβή ή περιέχουν σφάλματα που οφείλονται σε ανθρώπινο παράγοντα, τότε υπάρχουν ελάχιστες επιλογές διόρθωσης, έως και μηδαμινές, καθώς το δίκτυο κρατάει σχεδόν τα πάντα αμετάβλητα.

Ένα ολοκληρωμένο ιατρικό ιστορικό αρχείο, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί και στον ερευνητικό τομέα αλλά και στην ιατρική περίθαλψη, πρέπει να περιέχει δεδομένα που συνδέονται αρρήκτως ή αιτιωδώς με τις ασθένειες (χρόνιες και μη) και με τη συνολική υγεία των ασθενών του. Τα ιατρικά αρχεία πρέπει δηλαδή να περιέχουν το ονοματεπώνυμο, το πατρώνυμο, το φύλο, την ηλικία, το επάγγελμα, τη διεύθυνση του ασθενή, τις ημερομηνίες της επίσκεψης, καθώς και κάθε άλλο ουσιώδες στοιχείο που συνδέεται με την παροχή φροντίδας στον ασθενή, όπως, ενδεικτικά και ανάλογα με την ειδικότητα, τα ενοχλήματα της υγείας του και το λόγο της επίσκεψης, την πρωτογενή και δευτερογενή διάγνωση ή την αγωγή που ακολουθήθηκε. Πολλά από αυτά τα στοιχεία βραχυπρόθεσμα μπορεί να είναι σταθερά, όμως μακροπρόθεσμα υπάρχει περίπτωση να αλλάξουν και να τροποποιηθούν. Ένα σύστημα Blockchain εμφανίζεται ελλιπές σε τέτοιες αλλαγές και είναι ανάγκη να προβλεφθούν τρόποι παράκαμψης αυτών των δυσκολιών, αλλιώς το σύστημα θα βρεθεί να αποτελεί ανακριβής βιβλιοθήκη πληροφοριών.

Παρακάτω παρατίθενται κάποια πρότυπα ηλεκτρονικών μορφών που περιέχουν στοιχεία από το ιατρικό ιστορικό ενός ασθενή. Πρόκειται για έτοιμες πλατφόρμες συμπλήρωσης ευαίσθητων πληροφοριών.

MASTER MEDICAL ENCOUNTERS - (OIDHMMEN)

[DOC#]	[Last]	[First Name]	[Middle Name]	[DOB]	Age	Gender	Height	
0001005902	STRAUSS	ANDREW		1980/02/02	29y7m	MALE	5'10"/190	
[BKG#]	Alerts	Medical	[Facility]	Status	In/Out	Reason	[Custody]	
2009-010482		Allergies: Peanut-derived Alert: Btm Bunk	ITAG [BLOCK]	Active	In	NEW	Unclass	

Health Summary | Encounters (POS) | Forms & Tools

#### Active Problems

Diagnosis

- Low back pain
- History of venous thrombosis and embolism

Details | SOAPE

#### Active Orders

Order

- Blood Pressure Check
- CHEST X-RAY

Details | Labs | SOAPE

#### Active Medications

Medication	Route	Dosage	Frequency	KOP
Ibuprofen Oral Tablet 400 MG	OR	400 mg	BID	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>

Details | SOAPE

#### Active Specialty Clinics

Specialty Clinic

- Cardio


Details

#### Active Allergies


Allergy

- Peanut-derived


Details | SOAPE




My Offenders




My Work



My Calendar



Offender Updates




Offender Detail

Εικόνα 6: Πρότυπο ιατρικού ιστορικού ασθενούς μέρος 1 (τα στοιχεία δεν αντιστοιχούν σε αληθινό ασθενή).<sup>9</sup>

<sup>9</sup> <http://www.syscon.net/Products/elite-medical>

**MEDICATION ADMINISTRATION HISTORY - (OIHEMAR)**

[OID#]	[Last Name]	[First Name]	[Middle Name]	[DOB]	Age	Gender	Height	
T123456789	PRIOR	MATT		02/02/1980	30y3m	MALE		
[Booking#]	Alerts	Medical	Location	Status	In/Out	Reason	[Custody]	
2010-012227		Allergy: Penicillins Alert: Seizures		Active	In	NEW	Unclass	

**Medication**

Medications	Frequency / Duration	PRN	KOP	Sliding	Dosage / Route	Last Action Taken	Order Start Date	Actual Start Date	Actual End Date	Order By
Coumadin Oral Tablet 5 MG	QD X 30 DAYS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 mg OR		09/16/2009		09/16/2009	SFREEMAN
Amoxicillin Oral Capsule 500 MG	TID X 10 DAYS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	500 mg OR	GIVEN	09/06/2009	09/07/2009	09/16/2009	SFREEMAN

**Medication Administration Record**

Month / Year: SEPTEMBER 2009

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Morning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Evening	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Night	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Admin Date / Time / Location: 09/14/2009 19:07 ITAG

Admin By: SFREEMAN N/C Reason: [ ]

Sliding Scale: [ ] Dosage Given: [ ] Medication: [ ]

Buttons: Correction, History

Diagnoses Allergies Medications

Εικόνα 7: Πρότυπο ιατρικού ιστορικού ασθενούς μέρος 2 (τα στοιχεία δεν αντιστοιχούν σε αληθινό ασθενή).<sup>10</sup>

Όπως φαίνεται τα στοιχεία καταγραφής είναι πολλά και περιέχουν ευαίσθητες λεπτομέρειες για τον ασθενή. Μέσα σε τόσες επιλογές οι πιθανότητες ανθρώπινου λάθους είναι αυξημένες. Επίσης, τόσο ευαίσθητες λεπτομέρειες παραβιάζουν τις νομοθεσίες που έχουν εφαρμοστεί (κάποιες από τις οποίες αναφέρθηκαν σε προηγούμενες σελίδες) και που εφαρμόζονται τη σημερινή εποχή.

<sup>10</sup> <http://www.syscon.net/Products/elite-medical>



## Κόστος Ανάπτυξης

Δεν υπάρχει αξιόπιστος τρόπος να υπολογιστεί το ακριβές κόστος ανάπτυξης ενός έργου Blockchain. Ωστόσο υπάρχουν κάποια προσεγγιστικά σημεία αναφοράς , τα οποία είναι υποχρεωτικά για την ολοκλήρωση του έργου. Τα προσεγγιστικά σημεία αφορούν όλα τα στοιχεία που οπωσδήποτε θα διαθέτει ένα δίκτυο Blockchain. Έτσι αποδομώντας όλα τα λειτουργικά στοιχεία ενός τέτοιου δικτύου θα αναφερθούν κάποια ενδεικτικά μέση κόστη, που ισχύουν το έτος 2018, και απαιτούνται για τη δημιουργία τους.

Πρώτον, ένα δίκτυο Blockchain θα πρέπει να διαθέτει μία πλατφόρμα διαδικτυακή που αφορά τις συναλλαγές που θα πραγματοποιούνται ( Web Wallet Development). Συναλλαγές που αφορούν είτε προμήθειες, όπως φαρμακευτικές προμήθειες, είτε πληρωμές ασθενών. Μία τέτοια πλατφόρμα μπορεί να κοστολογείται περίπου από 16.000 δολάρια (δηλαδή 13,846 ευρώ βάσει ισοτιμίας 9/9/2018).<sup>11</sup>

Δεύτερον, για τη δημιουργία ενός τέτοιου δικτύου είναι ανάγκη για ανάπτυξη κρυπτογράφησης (Cryptocurrency Exchange development) , καθώς και για ανάπτυξη κρυπτογράφησης για το είδος νομίσματος που θα χρησιμοποιείται (Cryptocurrency Coin issue). Τα κόστη για το καθένα ξεχωριστά ανέρχεται περίπου στα 30.000 δολάρια (δηλαδή 25,964 ευρώ βάσει ισοτιμίας 9/9/2018) και 25.000 δολάρια (δηλαδή 21.622 ευρώ βάσει ισοτιμίας 9/9/2018 ) αντίστοιχα.<sup>12</sup>

Τρίτον, είναι ανάγκη ώστε να λειτουργήσει ένα δίκτυο μπλοκ αλυσίδων να γίνει ανάπτυξη ICO (initial coin offering ή initial currency offering) . Για την ανάπτυξη αυτή μπορεί να απαιτούνται από 100.000 δολάρια έως και 500.000 δολάρια (δηλαδή 86.541 έως 432.727 ευρώ βάσει ισοτιμίας 9/9/2018 )<sup>13</sup>. Σε ένα ICO, μια ποσότητα κρυπτογραφημάτων πωλείται με τη μορφή "νομισμάτων" σε κερδοσκοπικές εταιρίες ή επενδυτές , σε αντάλλαγμα για νόμιμο χρήμα ή άλλες

---

<sup>11</sup> <http://polygant.net/the-cost-of-blockchain-projects/>

<sup>12</sup> <http://polygant.net/the-cost-of-blockchain-projects/>

<sup>13</sup> <https://www.bitcoinmarketjournal.com/launching-an-ico/>

κρυπτοσυχρότητες όπως bitcoin ή ethereum . Ταυτόχρονα με την πλατφόρμα είναι ανάγκη να δημιουργηθούν έξυπνες συμβάσεις και τόκενς (Smart contract development and Token issue), τα οποία μπορεί να κοστολογούνται από 3.500 δολάρια (δηλαδή 3.030 ευρώ βάσει ισοτιμίας 9/9/2018 ).

Τεταρτον, απαιτείται η δημιουργία εφαρμογών που θα φιλοξενοούνται από τις διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές (smartphones κ.λπ.) και θα υποστηρίζουν την πλατφόρμα του δικτύου.Ένα τέτοιο κόστος θα μπορούσε να ξεκινάει από 5.000 δολάρια (δηλαδή 4.329 ευρώ βάσει ισοτιμίας 9/9/2018 ).<sup>14</sup>

Εκτός από τα έξοδα που αναφέρθηκαν παραπάνω απαιτείται και εξειδικευμένο προσωπικό που θα αναλάβει την διεκπεραίωση και υλοποίηση του δικτύου και της ηλεκτρονικής πλατφόρμας. Αυτό σημαίνει ότι θα δαπανηθούν χρήματα από τον αρμόδιο παροχέα για την εκμίσθωση του προσωπικού και των εργατωρών που χρειάστηκαν.

Παρακάτω ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας των εξόδων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, καθώς και το συνολικό κόστος της επένδυσης .

Web Wallet Development	13.846 Ευρώ
Cryptocurrency Exchange Development	25.964 Ευρώ
Cryptocurrency Coin Issue	21.622 Ευρώ
Initial Coin Offering (ICO)	437.727 Ευρώ
Smart Contract Development and Token Issue	3.030 Ευρώ
Application Development	4.329 Ευρώ
Συνολικό Κόστος	506.518 Ευρώ

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός Πίνακας Κόστους

<sup>14</sup> <https://www.techcronus.com/blog/cost-develop-blockchain-wallet-app/>

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα κάθε συμμετέχουσα χώρα θα πρέπει να δαπανήσει ένα άμεσο κεφάλαιο ύψους μισό εκατομμυρίου Ευρώ με σκοπό τη δημιουργία ή τη συμμετοχή σε ένα δίκτυο Blockchain. Είναι πιθανόν να προκύψουν και επιπλέον έξοδα προκειμένου να γίνει πλήρης υλοποίηση του προγράμματος ανάπτυξης. Τέτοια επιπλέον έξοδα θα μπορούσε να αποτελούν ο σχεδιασμός προγράμματος, πρόσληψη συμβουλευτικής εταιρίας για καλύτερα αναμενόμενα αποτελέσματα κ.λπ..

Απόρροια των παραπάνω είναι ότι τα κόστη μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα από τα επιθυμητά στοιχεία που θα πληρεί ένα ολοκληρωμένο δίκτυο μπλοκ αλυσίδων στο χώρο της υγείας και οι αρμόδιοι φορείς χρειάζεται να δαπανήσουν ένα αρχικό και συγκριτικά μεγάλο κεφάλαιο. Ωστόσο σε περίπτωση παγκόσμιας εφαρμογής του δικτύου, ώστε να υπάρχει κοινή πλατφόρμα για όλο τον κόσμο, το ανάλογο κεφάλαιο μπορεί να συγκριτικά πιο μεγάλο και οι αρμόδιοι παροχείς μπορεί να αδυνατούν να το διαθέσουν.

## **Πολυπλοκότητα και Περιορισμοί Αποθήκευσης**

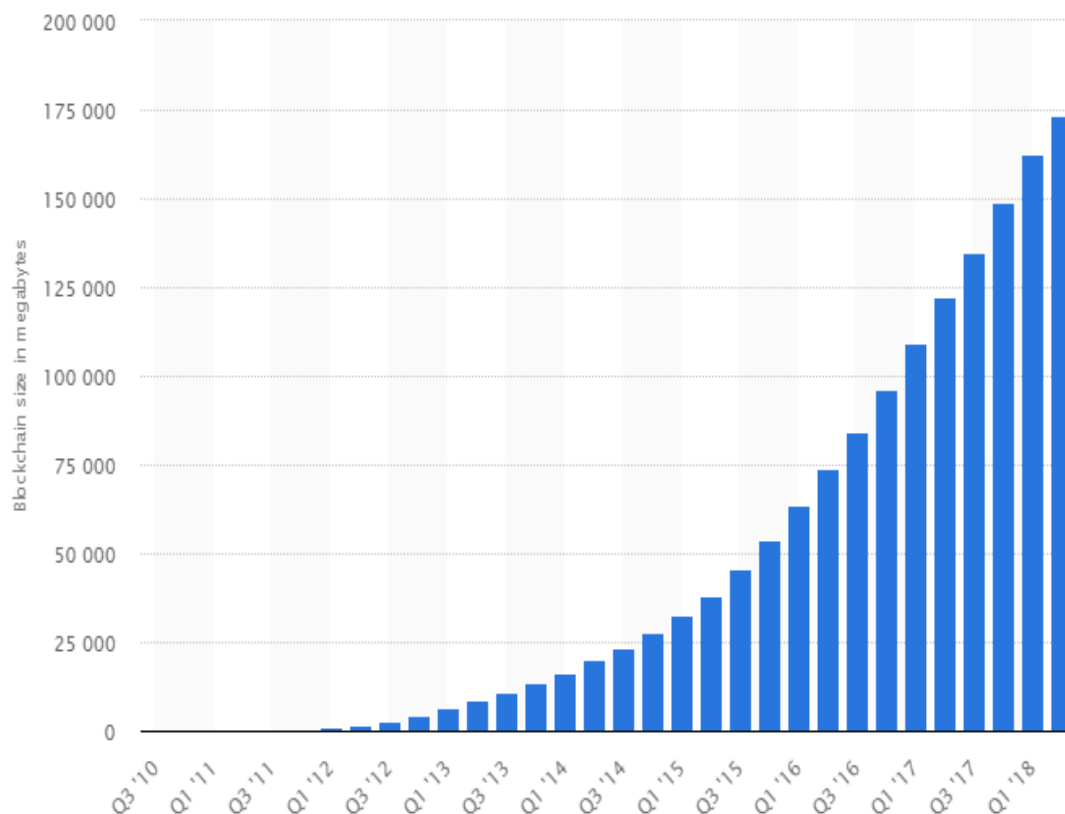
Ένα άλλο μειονέκτημα, το οποίο συνδέεται και με το κόστος της επένδυσης είναι ο αναγκαίος χώρος αποθήκευσης όλων των δεδομένων του δικτύου. Όπως αναφέρθηκε το δίκτυο παρουσιάζει αδυναμία διαγραφής ή τροποποίησης στοιχείων και δεδομένων. Αυτό έχει έως συνέπεια οι ανάγκες για αποθηκευτικό χώρο συνεχώς να αυξάνονται.

Η αποθήκευση πληροφοριών σε μια βάση δεδομένων blockchain σημαίνει ότι τα δεδομένα :

1. Αποθηκεύονται από κάθε πλήρες κόμβο στο δίκτυο.
2. Αποθηκεύονται απεριόριστα εφόσον η βάση δεδομένων blockchain είναι μονομερώς προσαρτημένη και αμετάβλητη.

Επομένως, η αποθήκευση δεδομένων επιβάλλει ένα τεράστιο κόστος σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο, όπου κάθε πλήρης κόμβος πρέπει να αποθηκεύει όλο και περισσότερα δεδομένα στο άπειρο. Ως αποτέλεσμα, η αποθήκευση παραμένει ως ένα εμπόδιο και περιορισμό για κάθε ρεαλιστική εφαρμογή που χτίζεται στο blockchain. Για παράδειγμα, η μπλοκ αλυσίδα Ethereum αυξάνεται με ρυθμό 55 GB/έτος.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται στο παρακάτω στατιστικό διάγραμμα ο ρυθμός αύξησης της χωρητικότητας του Bitcoin, που αποτελεί μια παρεμφερής πλατφόρμα κρυπτογράφησης, με το πέρασμα του χρόνου.



Εικόνα 8: Στατιστικό διάγραμμα που απεικονίζει το ρυθμό αύξησης της χωρητικότητας του Bitcoin.<sup>15</sup>

Το στατιστικό διάγραμμα παρουσιάζει το συνολικό μέγεθος της πλατφόρμας Bitcoin, δηλαδή της κατανεμημένης βάσης δεδομένων που περιέχει έναν συνεχώς αυξανόμενο κατάλογο συναλλαγών και αρχείων Bitcoin από το τρίτο τετράμηνο του 2010 έως το πρώτο τετράμηνο του 2018. Το μέγεθος του blockchain Bitcoin, όπως φαίνεται, συνεχώς αυξάνεται από τη δημιουργία του εικονικού νομίσματος Bitcoin το 2009, φτάνοντας περίπου τα 173 gigabytes σε μέγεθος έως τα τέλη Ιουνίου του 2018. Αυτό υποδηλώνει ότι η εφαρμογή ενός παρεμφερούς δικτύου στο χώρο της υγείας θα παρουσιάσει μεγάλες και συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες στο χώρο αποθήκευσης των δεδομένων.

<sup>15</sup> <https://www.statista.com/statistics/647523/worldwide-bitcoin-blockchain-size/>

## Προβλήματα Ασφάλειας

Εμφανίζονται διάφορα θέματα σχετικά με την ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένων των τάσεων και των επιπτώσεων των συμβάντων ασφαλείας, της επίθεσης κατά 51%, επιθέσεων του συστήματος από χάκερς, των προβλημάτων ελαχιστοποίησης των δεδομένων και των ζητημάτων ελέγχου ταυτότητας και κρυπτογράφησης. Ακολουθεί εκτενής αναφορά στα ζητήματα αυτά.

### Επιπτώσεις των συμβάντων ασφαλείας :

Υπάρχουν πιθανά συμβάντα «διάρρηξης» μιας πλατφόρμας μπλοκ αλυσίδων. Καθώς το Bitcoin αποτελεί μία εφαρμογή μιας τέτοιας πλατφόρμας θα ανφερθούμε σε συμβάντα που έχουν παρατηρηθεί στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Με την αυξανόμενη χρήση του Bitcoin ως μέσου για τη διεξαγωγή πληρωμών και μεταφορών, τα περιστατικά ασφαλείας και η επίδρασή τους στις οικονομικές απώλειες των χρηστών Bitcoin αυξήθηκαν. Μερικά από τα εν λόγω έγγραφα παρουσίαζαν συμβάντα ασφαλείας που είχαν συμβεί στο δίκτυο Bitcoin, όπως οι οικονομικές απώλειες από διάφορες απάτες Bitcoin και κατανεμημένες επιθέσεις άρνήσεις εξυπηρέτησης (DdoS, είναι επιθέσεις εναντίον ενός υπολογιστή, ή μιας υπηρεσίας που παρέχεται, οι οποίες έχουν ως σκοπό να καταστήσουν τον υπολογιστή ή την υπηρεσία ανίκανη να δεχτεί άλλες συνδέσεις και έτσι να μην μπορεί να εξυπηρετήσει άλλους πιθανούς πελάτες) στις ανταλλαγές. Έτσι διερευνήθηκαν , από τους M. Vasek and T. Moore, τέσσερις τύποι απάτης Bitcoin (δηλαδή απάτες Ponzi, απάτες εξόρυξης και υποκλοπής δεδομένων, απάτες ηλεκτρονικού πορτοφολιού και δόλιες ανταλλαγές). Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι 11 εκατομμύρια δολάρια είχαν συμβάλει σε απάτες από 13.000 θύματα στο Bitcoin από το Σεπτέμβριο του 2013 έως το Σεπτέμβριο του 2014 [20].

Αναλυτές μελέτησαν την τάση των παραβιάσεων της ασφαλείας στο Bitcoin και των αντιμέτρων τους. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, είναι πιθανές πολλών ειδών παραβιάσεις ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένων των επιθέσεων DDoS, της

ιδιωτικοποίησης λογαριασμών με χρήση trojans, ή των ιών από τις διαφημίσεις [21]. Οι συγγραφείς εισάγουν ορισμένα αντίμετρα ασφαλείας για μεμονωμένους χρήστες και για την εξασφάλιση ασφαλών συναλλαγών Bitcoin (π.χ. ένα πορτοφόλι υλικού και μια συσκευή ελέγχου ταυτότητας υλικού). Μάλιστα οι M. Vasek and T. Moore παρουσιάζουν στοιχεία σχετικά με τις επιθέσεις DDoS στο δίκτυο Bitcoin χρησιμοποιώντας δημοσιεύσεις που σχετίζονται με το DDoS στο δημοφιλές φόρουμ Bitcointalk.org [20].

Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η πλέον στοχευμένη ανάγκη προστασίας κατά των υπηρεσιών ήταν η χρήση προστασίας κατά του DDoS, επηρεάζοντας παράγοντες όπως το μέγεθος της ανάκτησης δεδομένων από το δίκτυο. Τα κύρια ευρήματα της μελέτης ήταν ότι η πιο συχνά στοχοποιημένη υπηρεσία ήταν η ανταλλαγή νομισμάτων (με ποσοστό 41 τοις εκατό), ακολουθούμενη από μηχανισμούς υποκλοπής δεδομένων (με ποσοστό 38 τοις εκατό). Σύμφωνα πάλι με τις ίδιες έρευνες, το 54 τοις εκατό των υπηρεσιών που αντιμετώπισαν επιθέσεις DDoS είχαν προστασία κατά του DDoS, αν και δεν ήταν βέβαιο αν είχαν την προστασία κατά τη στιγμή της επίθεσης ή εκ των υστέρων. Επιπλέον, από τις υπηρεσίες που δεν είχαν υποστεί επίθεση DDoS, μόνο το 15 τοις εκατό είχε προστασία κατά του DDoS. Τα έγγραφα καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι πάνω από το 60 τοις εκατό των μεγάλων σημείων ανάκτησης και συλλογής δεδομένων έχουν υποστεί επιθέσεις DDoS, σε σύγκριση με το 17 τοις εκατό των μικρών σημείων.

#### 51% Επίθεση :

Υπάρχει ένα αξιοσημείωτο σφάλμα ασφαλείας στο Bitcoin και σε άλλα Blockchains, το οποίο ονομάζεται Επίθεση 51% (51% Attack). Το συγκεκριμένο σφάλμα περιγράφει ότι αν περισσότεροι από τους μισούς υπολογιστές που λειτουργούν ως κόμβοι για να εξυπηρετήσουν το δίκτυο λένε ένα ψέμα, το ψέμα θα γίνει η αλήθεια. Το συγκεκριμένο ζήτημα τονίστηκε από τον Satoshi Nakamoto όταν πρωτοξεκίνησε το Bitcoin.

Ο μηχανισμός Blockchain έχει σχεδιαστεί με την παραδοχή ότι οι έντιμοι κόμβοι ελέγχουν το δίκτυο. Εάν οι κόμβοι εισβολέων ελέγχουν συλλογικά περισσότερη υπολογιστική ισχύ από τους άθικτους κόμβους, το δίκτυο είναι ευάλωτο στο λεγόμενο Attack 51%. Οι Alireza Beikverdi και Jooseok Song υποστηρίζουν ότι παρόλο που το ίδιο το Bitcoin έχει σχεδιαστεί ως ένα πλήρως αποκεντρωμένο δίκτυο, η συγκέντρωση της υποκλοπής δεδομένων από την πλατφόρμα αυξάνει τον κίνδυνο επίθεσης κατά 51% [22]. Η μελέτη τους δείχνει ότι ο συντελεστής συγκέντρωσης του Bitcoin αυξάνεται συνεχώς από το 2011 ( με τιμή 0,26) στο 2014 (με τιμή 0,33). Για διευκρίνιση η ακραία τιμή 0 του συντελεστή σημαίνει καθαρά αποκεντρωμένο δίκτυο και το 1 σημαίνει πλήρως συγκεντρωμένο.

Επιπλέον, υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν ότι η κατάλληλη ρύθμιση της υπολογιστικής ισχύος δεν επαρκεί για την εξασφάλιση της ασφάλειας του συστήματος. Οι Juan Garay και Aggelos Kiagiias προτείνουν εφαρμογές που βασίζονται στον πυρήνα του πρωτοκόλλου Bitcoin με επίκεντρο τη οικομενική συμφωνία, η οποία είναι το θεμελιώδες επιστημονικό πρόβλημα για τη συμφωνία αποκεντρωμένων συναλλαγών στο δίκτυο Bitcoin [22]. Η προτεινόμενη εφαρμογή παρουσιάζει ένα απλό πρωτόκολλο με την παραδοχή ότι η δύναμη συσσώρευσης των επιτιθέμενων στο σύστημα περιορίζεται στο 1/3.

Οι Eyal και Sier αναφέρουν την ύπαρξη μιας επίθεσης του συστήματος στα σημεία ανάκτησης δεδομένων, στην οποία οι συντηρητές των κόμβων αυτών αποκτούν ένα εισόδημα μεγαλύτερο, διατηρώντας κάποιους κόμβους ιδιωτικούς. Οι συγγραφείς προτείνουν μια τροποποίηση του πρωτοκόλλου η οποία δίνει εντολή τροποποίησης κάτω από το 1/4 της συνολικής ισχύος υπολογισμού [22].

Τα πιο πρόσφατα συστήματα που βασίζονται σε Blockchain, όπως το Ethereum, επιτρέπουν στους χρήστες να καθορίζουν κάποιες δέσμες ενεργειών σε συναλλαγές και συμβόλαια για την υποστήριξη εφαρμογών πέραν των απλών συναλλαγών σε μετρητά. Σε αυτήν την περίπτωση, οι απαιτούμενοι υπολογιστικοί πόροι για επαλήθευση θα μπορούσαν να είναι μεγαλύτεροι, ανάλογα με το μέγεθος του σεναρίου που ορίζει ο χρήστης. Πάνω σε αυτό οι Loi Luu, Jason Teutsch, Raghan



Kulkarni και Prateek Saxena παρουσιάζουν μια μορφή ασφάλειας προς κάποια επίθεση, που ονομάζεται δίλημμα του επαληθευτή, η οποία οδηγεί τους έμπιστους οργανισμούς, που επιθυμούν κάποια ανάκτηση πληροφοριών, να παρακάμψουν την επαλήθευση αυτή, όπου οι συναλλαγές επαλήθευσης απαιτούν σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους στο Bitcoin και ειδικά στο Ethereum. Οι συντάκτες επισημοποιούν ένα μοντέλο συναίνεσης για να τους παρέχουν περιορίζοντας το ποσό της εργασίας που απαιτείται για την επαλήθευση ενός μπλοκ [22].

Κάποιοι αναλυτές εξηγούν τον τρόπο υποστήριξης της ασφάλειας και της ιδιωτικής ζωής με το σύστημα Ripple, το οποίο είναι ένα από τα κατανεμημένα πρωτόκολλα πληρωμής που βασίζονται κυρίως στη συναίνεση. Το έγγραφο αναλύει τη βασική διαφορά μεταξύ του πρωτοκόλλου του Ripple και του Bitcoin-focused Blockchain fork. Η καθυστέρηση διάδοσης στο δίκτυο Bitcoin είναι η κύρια αιτία για τις ασυνέπειες μεταξύ των αντιγράφων του συστήματος [22].

#### Προβλήματα ευπάθειας δεδομένων :

Η ακεραιότητα των δεδομένων είναι ένα ζήτημα στο περιβάλλον της εφαρμογής του Blockchain. Είναι απαραίτητο όταν τα δεδομένα στέλνονται και επαληθεύονται, να μην έχουν αλλοιωθεί ή παραβιαστεί από τρίτους. Έχουν αναφερθεί συμβάντα που σχετίζονται με την ακεραιότητα των δεδομένων, καθώς και επιθέσεις αλλοίωσης στο Blockchain. Σε μια επίθεση ευπάθειας ένας εισβολέας παρακολουθεί, τροποποιεί και αναμεταδίδει μια συναλλαγή, προκαλώντας τον εκδότη της συναλλαγής να πιστεύει ότι η αρχική συναλλαγή δεν επιβεβαιώθηκε ή εγκρίθηκε.

Οι Decker και Wattenhoffer μελέτησαν την ελαχιστοποίηση της συναλλαγής στο περιβάλλον Bitcoin και χρησιμοποίησαν ως παράδειγμα ένα πραγματικό συμβάν. Σύμφωνα με τη μελέτη τους, το πρόβλημα ευπάθειας συναλλαγής είναι πραγματικό και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την εφαρμογή των πελατών του Bitcoin [22]. Παρόμοιες μελέτες δείχνουν ότι κατά τη διεξαγωγή πρακτικών

πειραμάτων παρουσιαζόταν μεγάλη πιθανότητα μιας επίθεσης τροποποίησης δεδομένων [23]. Μία επίθεση ευελιξίας προκάλεσε λανθασμένη υπολογιστική ισορροπία, συγκρούσεις εφαρμογών και αδιέξοδο που διέκοψε νέες συναλλαγές Bitcoin. Το έγγραφο προτείνει ένα πρωτόκολλο καταθέσεων με ένα υποχρεωτικό χρονοδιάγραμμα ανάληψης για να καταστεί δυνατή μια συναλλαγή επιστροφής χρημάτων ως μια λύση στο πρόβλημα αυτό.

#### Θέματα ελέγχου ταυτότητας και κρυπτογράφησης :

Στο Bitcoin, το ιδιωτικό κλειδί είναι το κύριο στοιχείο ελέγχου ταυτότητας και εγκυρότητας. Ο έλεγχος ταυτότητας στην κρυπτογράφηση ελέγχει την αυθεντικότητα του χρήστη. Έχουν υπάρξει κάποια προβλήματα με τον έλεγχο ταυτότητας. Για παράδειγμα, υπάρχει η περίπτωση στο Mt.Gox, όπου μέσω μιας επίθεσης, το συνολικό μητρώο του Mt.Goxs που περιλάμβανε ιδιωτικά κλειδιά των πελατών τους είχαν κλαπεί. Αυτό το περιστατικό έχει παρακινήσει μερικές μελέτες για την ενίσχυση της πιστοποίησης ταυτότητας στο Bitcoin.

#### Επίθεση από χάκερς στο σύστημα:

Η πλατφόρμα Blockchain είτε εκτελεί έξυπνες συμβάσεις είτε εμπορεύεται κρυπτογραφικά νομίσματα, τα ψηφιακά στοιχεία που προστατεύουν τα μπλοκαρίσματα υπάρχουν μόνο στον κώδικα των υπολογιστών του δικτύου. Όταν τα στοιχεία αυτά υποκλαπούν τροποποιηθούν, είναι δυνατόν οι χάκερς να αποφύγουν την ανίχνευση τους. Βασικά, εάν περισσότεροι από τους μισούς υπολογιστές που λειτουργούν ως κόμβοι για να εξυπηρετήσουν το δίκτυο λένε ένα ψέμα, το ψέμα θα γίνει η αλήθεια. Αυτό ακριβώς συνέβη με την μπλοκ αλυσίδα Ethereum όταν ένας εισβολέας προσπάθησε να κλέψει περίπου 50 εκατομμύρια δολάρια από το ψηφιακό νόμισμα Ethereum. Δύο άλλα μπλοκ με βάση την εφαρμογή Ethereum, το Krypton και το Shift υπέστησαν αυτό που συνήθως αναφέρονται ως επιθέσεις 51% τον Αύγουστο του 2016 [24].

Η επίθεση λειτουργεί όταν οι χάκερς μπορούν να τροποποιήσουν πάνω από τους μισούς κόμβους που συμμετέχουν στο κατακευματισμένο δίκτυο, οπότε μπορούν να αποτρέψουν τις νέες συναλλαγές, να υποκλέψουν ταυτοποιήσεις και να σταματήσουν τις συναλλαγές μεταξύ κάποιων ή ακόμα και όλων των χρηστών. Μπορούν επίσης να αντιστρέψουν τις συναλλαγές που ολοκληρώθηκαν ενώ ήταν υπό τον έλεγχο του δικτύου, πράγμα που σημαίνει ότι θα μπορούσαν να διπλασιάσουν τα κέρματα αν επιτεθούν σε ένα σύστημα κρυπτογράφησης.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν ότι έχουν παρατηρηθεί συμβάντα παραβίασης των συστημάτων ασφάλειας ενός κρυπτογραφημένου δικτύου. Μια κοινή πλατφόρμα Blockchain στο χώρο της υγείας, δεδομένων όλων των προαναφερθείσων προβλημάτων, θα μπορούσε να παραβιαστεί και να υποκλαπούν ζωτικής σημασίας στοιχεία.

## Εφαρμογές

Το Bitcoin και το Ethereum είναι οι πιο γνωστές εφαρμογές της τεχνολογίας Blockchain μέχρι σήμερα. Ωστόσο υπάρχουν κι άλλες πολλές εταιρίες που έχουν εφαρμόσει την τεχνολογία αυτή, ακόμα και για συναλλαγές υγειονομικής περίθαλψης, καθώς και για πληροφορίες ασθενών. Κάποιες από αυτές αναφέρονται παρακάτω:<sup>16</sup>

**Accenture (Δουβλίνο, Ιρλανδία).** Η Accenture είναι μια παγκόσμια εταιρεία επαγγελματικών υπηρεσιών που περιλαμβάνει στρατηγικές, συμβουλευτικές υπηρεσίες, υπηρεσίες ψηφιακής τεχνολογίας και οργανωτικές λειτουργίες. Η Accenture συνεργάστηκε με τη Microsoft και την Avanade για να αναπτύξει ένα πρωτότυπο ταυτότητας βασισμένο στην τεχνολογία blockchain που θα μπορούσε να προσφέρει ψηφιακή ταυτότητα για 1,1 δισεκατομμύρια ανθρώπους που δεν έχουν επίσημη ταυτότητα. Η δημιουργία ενός τυπικού δελτίου ταυτότητας για άτομα όπως οι πρόσφυγες μπορεί να γίνει κρίσιμη καθώς αναζητούν υπηρεσίες εκπαίδευσης και υγειονομικής περίθαλψης.

**Astri (Χονγκ Κονγκ, Κίνα).** Η κινεζική κυβέρνηση σχημάτισε το Astri, γνωστό ως το Ινστιτούτο Ερευνών Επιστημών και Τεχνολογίας του Χονγκ Κονγκ, το 2000 για να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της χώρας στον τομέα της τεχνολογίας μέσω εφαρμοσμένης έρευνας. Η Astri ανέπτυξε μια πλατφόρμα τεχνολογίας υγείας που στοχεύει να οδηγήσει σε διαταραχές στον παραδοσιακό τομέα της υγειονομικής περίθαλψης με την προληπτική παρακολούθηση της υγείας, την ιατρική υπολογιστική και τη διάγνωση.

**Blockchain Health (Σαν Φρανσίσκο).** Η Blockchain Health είναι μια εταιρεία λογισμικού που παρέχει οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης με λύσεις blockchain συμβατές με HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act of 1996). Οι χρήστες μπορούν να μοιράζονται δεδομένα υγείας με τους ερευνητές

---

<sup>16</sup> <https://www.beckershospitalreview.com/lists/25-blockchain-companies-in-healthcare-to-know-2017.html>

χρησιμοποιώντας την ολοκληρωμένη πλατφόρμα, η οποία δημιουργεί μια αλυσίδα διαφυλάξεων των πληροφοριών.

**BLOCK MD (Ταϊλάνδη).** Το BLOCK MD είναι ανταλλαγή πληροφοριών για την υγεία και την EHR στην πλατφόρμα blockchain με βάση την άδεια της επιχείρησης. Αυτή η πλατφόρμα επιτρέπει την ασφαλή διαλειτουργικότητα μεταξύ των νοσοκομείων, των νεοσύστατων επιχειρήσεων, των εργαστηρίων, των ασφαλιστικών εταιρειών, των ρυθμιστικών αρχών και των ασθενών μέσω καθορισμένων προτύπων API (Application Programming Interface) και δεδομένων.

**Blockpharma (Παρίσι, Γαλλία).** Το Blockpharma είναι μία γαλλική οργάνωση που επικεντρώνεται στις λύσεις για τον εντοπισμό online πωλήσεων φαρμάκων. Η Blockpharma ανέπτυξε μια διασύνδεση προγραμματισμού εφαρμογών που μπορεί να συνδεθεί με τα πληροφοριακά συστήματα των φαρμακευτικών εταιρειών, οπότε όταν οι εταιρείες εκδίδουν πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα και τους κωδικούς QR(Barcodes), το blockchain καταγράφει τις επόμενες συναλλαγές.

**Bloq (Σικάγο).** Η Bloq παράγει τεχνολογίες μπλοκ αλουμινίου σε επιχειρήσεις σε διάφορες βιομηχανίες. Η λύση λογισμικού bloqEnterprise της εταιρείας επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν, να δοκιμάζουν, να ενημερώνουν και να προσαρμόζουν αδειοδοτημένα blockchains. Το bloqThink παρέχει στρατηγική αρχιτεκτονική, σχεδιασμό, ανάπτυξη και εκπαίδευση για την bloqEnterprise και το bloqLabs παρέχει χώρο για έρευνα και δοκιμαστικούς σκοπούς.

**Bowhead Υγεία ICO (Σιγκαπούρη).** Η πλατφόρμα Bowhead περιλαμβάνει τη συσκευή Bowhead η οποία παρακολουθεί τα βιομετρικά δεδομένα του πελάτη για τη διάθεση εξατομικευμένων συμπληρωμάτων και φαρμάκων. Το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας επιτρέπει στους πελάτες και στους κατόχους συμβολικών σημείων Bowhead να αποζημιώνονται για τη προσφορά ιατρικών δεδομένων και οι ασθενείς έχουν πλήρη έλεγχο αυτού μέσω έξυπνων συμβάσεων που πραγματοποιούν. Η εταιρία σχυρίζεται ότι τα στοιχεία των ασθενών είναι μερικά από τα πιο πολύτιμα δεδομένα στον κόσμο. Η πρώτη έρευνα επιτυχίας στο χώρο της υγείας έλαβε μέρος κατά τη διάρκεια του τρίτου τριμήνου του 2017 και η δοκιμή της Bowhead συσκευής χρησιμοποιήθηκε για 200 άτομα κατά το δεύτερο τρίμηνο του 2018.

**Brontech (Sydney, Αυστραλία).** Η Brontech χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain που υποστηρίζεται από την Ethereum, μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα εφαρμογών, για τη δημιουργία μιας αποκεντρωμένης υποδομής για ψηφιακά πορτοφόλια δεδομένων. Η εταιρεία διανέμει την αποθήκευση δεδομένων και διασφαλίζει την ακεραιότητα, ενώ ταυτόχρονα ανταμείβει τους χρήστες με ένα εγγενές ψηφιακό νόμισμα που διαχειρίζεται το blockchain. Οι χρήστες συνεισφέρουν δεδομένα σε αντάλλαγμα για το ψηφιακό νόμισμα της εταιρείας, μετρητά ή προσφορές από συνεργάτες της εταιρείας.

**BurstIQ (Denver, Colo.).** Η εταιρεία ιδρύθηκε το 2015 και η πλατφόρμα της, που ονομάζεται burstIQ, εκμεταλλεύεται το blockchain και τη μηχανική ευφυΐα για να συγκεντρώσει τις διαφορετικές πηγές δεδομένων σε ένα ενιαίο, συμβατό με HIPAA αποθετήριο δεδομένων. Η πλατφόρμα λειτουργεί πλήρως με πολλούς επαγγελματικούς πελάτες και το 2016 η πλατφόρμα επεξεργάστηκε 25 δισεκατομμύρια σημεία δεδομένων. Το HealthWallet της BurstIQ επιτρέπει στους χρήστες να αγοράζουν, να πωλούν, να δωρίζουν, να χορηγούν άδειες ή να δανείζουν δεδομένα. Ύστερα η πλατφόρμα LifeGraph συγκεντρώνει τα δεδομένα υγείας ενός ατόμου σε ένα μέρος και επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται δεδομένα μέσω έξυπνων συμβάσεων. Το BurstChain αποτελεί τη μεγάλη πλατφόρμα δεδομένων της εταιρείας για την ασφαλή διαχείριση μεγάλων, σύνθετων συνόλων δεδομένων υγείας.

**Chemonics (Washington, DC).** Η Chemonics είναι μια διεθνής εταιρεία συμβούλων ανάπτυξης που καλύπτει 70 χώρες και βιομηχανίες. Τον Οκτώβριο του 2016, η Chemonics και η BanQu συνεργάστηκαν για να δημιουργήσουν το Blockchain φιλάνθρωπης ανάπτυξης, καθώς και για την κατασκευή, δοκιμή και κλιμάκωση λύσεων blockchain που αποσκοπούν στη μείωση της φτώχειας και στην αύξηση της αποτελεσματικότητας των κοινωνικών προγραμμάτων.

**Consensys (Νέα Υόρκη).** Το ConsenSys είναι ένα κτίριο στούντιο παραγωγής επιχειρήσεων με αποκεντρωμένες εφαρμογές και εργαλεία τελικού χρήστη για συστήματα blockchain, με κύριο επίκεντρο την Ethereum, μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα εφαρμογών.

**Doc.Ai (Palo Alto, Καλιφόρνια).** Η πλατφόρμα Robo-Genomics του Doc.Ai είναι ένας βαθύς διαμεσολαβητικός μηχανισμός που σχεδιάστηκε για να βελτιώσει την κατανόηση των γενετικών δεδομένων και να παρέχει στήριξη λήψης αποφάσεων. Τα αποτελέσματα μπορούν να παρέχουν χρήσιμο υλικό για τις ασθένειες, τα γνωρίσματα, τη φαρμακογονιδιωματική και τον οικογενειακό προγραμματισμό. Ο ιδρυτής του Doc.Ai, Walter De Brouwer, ήταν ένα από τα τρία συμβαλλόμενα μέρη που εκτέλεσαν το πρώτο συμβόλαιο ασφάλισης ζωής στο δημόσιο blockchain με το bitcoin τον Ιανουάριο του 2017.

**Factom (Ωστιν, Τέξας).** Η εταιρεία Factom είναι μια εταιρεία τεχνολογίας μπλοκ-α-υπηρεσιών που έλαβε 8 εκατομμύρια δολάρια για τη χρηματοδότηση της Σειράς A τον Απρίλιο του 2017. Τον Νοέμβριο του 2016, το Ίδρυμα Μπιλ και Μελίντα Γκέιτς που εδρεύεται στο Τέξας απένειμε στην Factom επιχορήγηση για την ανάπτυξη υποδομής για ιατρικά αρχεία στη blockchain εφαρμογή της εταιρείας.

**Gem Health (Βενετία, Καλιφόρνια).** Το Gem είναι μια επιχείρηση blockchain που με την επιχειρηματική πλατφόρμα GemOS για την υγειονομική περίθαλψη επιτρέπει σε όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα με δυνατότητα κοινής χρήσης μαζί με τα κατάλληλα δικαιώματα. Η πλατφόρμα συμμορφώνεται με την HIPAA, βελτιώνοντας την επικοινωνία κατά μήκος της συνεχούς φροντίδας. Το Gem συνεργάστηκε με τη Philips το 2016 για να διερευνήσει πώς το blockchain μπορεί να υποστηρίξει την προσέγγιση της περίθαλψης με επίκεντρο τον ασθενή.

**Guardtime (Irvine, Calif.).** Η πλατφόρμα της Guardtime είναι σχεδιασμένη για την ασφάλεια δεδομένων και συστημάτων σε βιομηχανικό επίπεδο. Η εταιρεία συνεργάστηκε με το Ίδρυμα eHealth της Εσθονίας τον Φεβρουάριο του 2016 για να επιταχύνει την υιοθέτηση της διαφάνειας που βασίζεται σε blockchain και την ελεγχόμενη διαχείριση του κύκλου ζωής για τα αρχεία ασθενών. Η εταιρική σχέση έχει ενσωματωθεί στο μπλοκ αλυσίδας KSI με τις υπάρχουσες βάσεις δεδομένων της Oracle για αυξημένη ασφάλεια, διαφάνεια, ελεγχιμότητα και διακυβέρνηση για ηλεκτρονικά συστήματα και αρχεία ασθενών.

**Hashed Health (Nashville, Tenn.).** Η Hashed Health είναι μια συνεργατική εταιρία καινοτομίας στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης που είναι αφιερωμένη στην τεχνολογία blockchain και διανομής λογιστικών βιβλίων Η εταιρεία δημιουργεί ομάδες εργασίας για την ανάπτυξη δικτύων που επικεντρώνονται σε συγκεκριμένες χρήσεις υγειονομικής περίθαλψης και παρέχει υπηρεσίες όπως διαχείριση προϊόντων δικτύου, ανάπτυξη, κανονιστική καθοδήγηση και υποστήριξη τεχνολογίας. Τον Ιούλιο του 2017, η ανεξάρτητη εταιρεία πληροφορικής ποθυ ονομάζεται Αλλαγή Υγειονομικής περίθαλψης ( Change Healthcare) εντάχθηκε στην κοινοπραξία της Hashed Health για να βοηθήσει στην προώθηση της καινοτομίας μπλοκ αλυσίδων και των κατανεμημένων πρωτοκόλλων συναλλαγών στην υγειονομική περίθαλψη.

**HealthCombix (Nashville, Tenn.).** Η πλατφόρμα HealthCombix είναι ένα σύστημα διαχείρισης πληρωμών και διαχείρισης κινδύνων που βασίζεται σε μορφές συμβολαίων και επιτρέπει πληρωμές, δημιουργία εσόδων από δεδομένα και προσαρμογή σε ενδεχόμενους κινδύνους. Η πλατφόρμα διατηρεί την ψηφιακή μυστικότητα, ενώ παράλληλα επιτρέπει τη διαλειτουργική ανταλλαγή δεδομένων, παρέχοντας στους ασθενείς και τους παρόχους τον έλεγχο των δεδομένων. Η εταιρεία πιστεύει ότι η τεχνολογία blockchain θα επιτρέψει στους καταναλωτές να ελέγχουν τη διαμεσολάβηση των δεδομένων τους για έρευνα, περίθαλψη υγείας με ακρίβεια, κλινικές δοκιμές και πληρωμές.

**Health Linkages (Mountain View, Καλιφόρνια).** Η πλατφόρμα Health Linkages επιτρέπει στα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης να κάνουν καλύτερες, ασφαλέστερες και πιο ιδιωτικές αναλύσεις δεδομένων για την υγεία του πληθυσμού και την ιατρική ακρίβεια. Η εταιρία συλλέγει και κρυπτογραφεί τα δεδομένα αμέσως μετά τη δημιουργία τους και διατηρεί ένα πλήρες ιστορικό των δεδομένων και των συνδέσεων της καθ 'όλη τη διάρκεια ζωής των δεδομένων. Αυτό διασφαλίζει ότι τα δεδομένα είναι δομημένα, άθικτα και γρήγορα διαθέσιμα για αναλύσεις που οδηγούν σε καλύτερα αποτελέσματα. Η εταιρία είναι ιδανική για την ανταλλαγή δεδομένων, επιτρέποντας στα ιδρύματα να μοιράζονται δεδομένα για αναλύσεις χωρίς να αποκαλύπτουν ευαίσθητες πληροφορίες σε τρίτους, αλλά ταυτόχρονα επιτρέποντας σε όλους να μοιράζονται τα αποτελέσματα.



**Health Wizz (Ουάσινγκτον)**. Η Health Wizz είναι μια πλατφόρμα εφαρμογών ευεξίας που συγχωνεύτηκε με την εταιρεία blockcare της υγείας τον Ιανουάριο του 2017. Η συνδυασμένη εταιρεία εργάζεται στην Mercatus, μια πλατφόρμα που επιτρέπει στα άτομα να δημιουργήσουν το δικό τους χαρτοφυλάκιο ψηφιακής υγείας και να παράσχουν πρόσβαση σε ιατρικούς ερευνητές, επιστήμονες υγείας, αλλά και σε μία ψηφιακή αγορά για να προωθήσουν την ακρίβεια στον ιατρικό τομέα. Η Mercatus επιτρέπει στους χρήστες να πραγματοποιούν έξυπνες συμβάσεις στο μπλοκ αλυσίδας Ethereum για να εμπορεύονται δεδομένα υγείας μέσω του κρυπτογραφημένου νομίσματος της.

**Hyperledger (Σαν Φρανσίσκο)**. Η Ομάδα Εργασίας Hyperledger Healthcare αναγνωρίζει ευκαιρίες για προγράμματα ανάπτυξης λογισμικού ανοιχτού κώδικα για να φιλοξενήσουν το Hyperledger, ένα λειτουργικό σύστημα φτιαγμένο για αγορές, δίκτυα ανταλλαγής δεδομένων, ψηφιακά νομίσματα και αποκεντρωμένες ψηφιακές κοινότητες. Τον Μάιο του 2017, ο Hyperledger φιλοξένησε ένα Hyderabad Meetup για να συζητήσει τις πιο ευεργετικές εφαρμογές μέσω Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη.

**IBM Blockchain on Bluemix (Βόρειο Κάστρο, Νέα Υόρκη)**. Το IBM Blockchain είναι η πρώτη υπηρεσία που ξεκίνησε να διαχειρίζεται το Hyperledger Fabric, επιτρέποντας τη δημιουργία επιχειρηματικών δικτύων blockchain που οι ιδιοκτήτες μπορούν να ελέγχουν και να διανέμουν πληροφορίες σε διαφορετικούς οργανισμούς. Τον Αύγουστο του 2016, η IBM κέρδισε το HHS Office του Εθνικού Συντονιστή των Ηνωμένων Πολιτειών για την πρόκληση ιδεών στον τομέα της Υγείας και της Πληροφορικής με ένα έγγραφο που περιγράφει τις πιθανές επιπτώσεις ενός μπλοκ αλυσίδων στην επίλυση της διαλειτουργικότητας, της επεκτασιμότητας και των προκλήσεων ιδιωτικής ζωής στην υγειονομική περίθαλψη.

**Medicalchain (Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο)**. Η Medicalchain χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain για την ασφαλή αποθήκευση των αρχείων υγείας, ώστε οι γιατροί, τα νοσοκομεία, τα εργαστήρια, οι φαρμακοποιοί και οι ασφαλιστές υγείας να μπορούν να ζητήσουν άδεια ασθενούς για πρόσβαση στο αρχείο καθώς και στο ιστορικό συναλλαγών. Η Medicalchain κυκλοφόρησε τον Σεπτέμβριο του 2017.

**MedRec (Βοστώνη).** Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης στη Βοστώνη ανέπτυξαν το MedRec, ένα σύστημα διαχείρισης ιατρικών αρχείων χρησιμοποιώντας το Ethereum, μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα εφαρμογών. Το MedRec έχει σχεδιαστεί για τους ασθενείς ώστε να ελέγχουν τα ιατρικά τους δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων των κλινικών καταγραφών EHR και των προσωπικών δεδομένων όπως το Fitbit. Οι ασθενείς μπορούν να επιλέξουν και επιτρέψουν στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, στους ερευνητές και στα μέλη της οικογένειάς τους να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα τους. Οι ιατρικοί ερευνητές μπορούν επίσης να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα για να διατηρήσουν το αρχείο καταγραφής ταυτότητας μπλοκ αλυσίδων και να λάβουν ανώνυμα ιατρικά δεδομένα.

**Microsoft (Redmond, Wash.).** Τον Ιούνιο του 2017, η Microsoft συνεργάστηκε με την Accenture για την κατασκευή ενός πρωτοποριακού μοντέλου για την υγειονομική περίθαλψη καθώς και για άλλες βιομηχανίες. Το blockchain θα δημιουργήσει μια ψηφιακή ταυτότητα για 1,1 δισεκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο που δεν έχουν επίσημη ταυτότητα, συμπεριλαμβανομένων των προσφύγων. Το τρέχον μοντέλο βασίζεται στο blockscale της Accenture και λειτουργεί στην πλατφόρμα cloud της Microsoft Azure.

**Netki (Canoga Park, California).** Η Netki στοχεύει να υποστηρίξει τη χρήση του blockchain με τα εργαλεία ανοιχτού κώδικα Open Standards για την ψηφιακή ταυτότητα. Η εταιρεία εξαλείφει τους κινδύνους και τους περιορισμούς συμμόρφωσης. Τον Μάιο του 2017, η Netki εγκαινίασε μια υπηρεσία ψηφιακής ταυτότητας για να καταστήσει ασφαλή το blockchain για εφαρμογές στον τομέα των επιχειρήσεων, της χρηματοδότησης και της υγειονομικής περίθαλψης. Το ψηφιακό αναγνωριστικό λειτουργεί μέσω δημόσιων και ιδιωτικών μπλοκ αλυσίδων για τη μείωση του κινδύνου που συνδέεται με συναλλαγές blockchain.

**Pantera (Σαν Φρανσίσκο).** Η Pantera ιδρύθηκε το 2013 ως μια επιχείρηση επενδύσεων αποκλειστικής δραστηριότητας επικεντρωμένη στην προώθηση τεχνολογιών blockchain.

**Patientory (Ατλάντα).** Η Patientory ιδρύθηκε το 2016 μέσω του Accelerator Boomtown Health-Tech στο Boulder, Colo. Η Patientory συνεργάζεται με το σωματείο Permanente Medical Group του Denver, μέλος του Kaiser Permanente με έδρα το Όουκλαντ της Καλιφόρνιας. Το Patientory επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν προφίλ σε μια εφαρμογή για κινητά για την ασφαλή αποθήκευση, διαχείριση και ανταλλαγή ιατρικών πληροφοριών. Η λύση είναι συμβατή με τα Epic, Cerner, Allscripts και Meditech, μεταξύ άλλων συστημάτων EHR.

**PointNurse (Nashville, Tenn.).** Η εταιρεία PointNurse, που ιδρύθηκε το 2014, είναι μια εικονική πλατφόρμα φροντίδας που παρέχει στους νοσηλευτές τη δυνατότητα να προσφέρουν φροντίδα εστιασμένη στους καταναλωτές έξω από το νοσοκομείο και την κλινική. Η πλατφόρμα είναι μια ψηφιακή κοινότητα που βασίζεται σε blockchain και επιτρέπει σε επαγγελματίες με άδεια χρήσης να ασχολούνται με ασφαλείς και ιδιωτικές συνομιλίες με ασθενείς σε απομακρυσμένες τοποθεσίες.

**PokitDok (San Mateo, Calif.).** Το PokitDok παρέχει μια ελεύθερη, ασφαλή πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού για τις επιχειρήσεις υγειονομικής περίθαλψης. Η εταιρεία εξουσιοδοτεί το DokChain, ένα κατακευματισμένο δίκτυο επεξεργαστών συναλλαγών που λειτουργεί με οικονομικά και κλινικά δεδομένα σε ολόκληρο τον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Από τον Μάρτιο του 2017, η εταιρεία είχε συγκεντρώσει 48 εκατομμύρια δολάρια για την ανάπτυξη του DokChain.

**PwC (Arlington, Va.).** Το PwC είναι ένα δίκτυο εταιρειών που παρέχουν συμβουλευτικές και φορολογικές υπηρεσίες σε διάφορες βιομηχανίες. Η PwC προσφέρει το DeNovo, μια πλατφόρμα που σχεδιάστηκε για να προσφέρει αποκλειστική αποκλειστικότητα και κρυπτοτεχνολογικό περιεχόμενο κατά παραγγελία, καθώς και υλικό για έρευνα και πληροφορίες για τη βιομηχανία. Η εταιρεία προσφέρει επίσης εκτιμήσεις ευκαιριών αξίας, εξατομικευμένες δοκιμές βάσει μπλοκ αλυσίδων, καθώς και εμπειρογνωμοσύνη για την υλοποίηση λύσεων blockchain.

**ScalaMed (Σύδνεϋ, Αυστραλία).** Η ScalaMed κατασκευάζει μια κλιμακωτή, ολοκληρωμένη και ασφαλή πλατφόρμα για τη διαχείριση των συναλλαγών και των δεδομένων περίθαλψης. Η ScalaMed ισχυρίζεται πως η τεχνολογία Blockchain αποτελεί ένα είδος τεχνολογικής επανάστασης της υγειονομικής περίθαλψης, παρέχοντας μια αποκεντρωμένη εφαρμογή για τους ασθενείς, τους γιατρούς και τους φαρμακοποιούς για τη διαχείριση, τη συνταγογράφηση και τη χορήγηση συνταγογραφούμενων φαρμάκων.

**Stratum (Δουβλίνο, Ιρλανδία).** Το Stratum είναι μια εταιρεία ασφάλειας λογισμικού που συνεργάζεται με αρκετούς οργανισμούς για την ασφάλεια κρίσιμων διαδικασιών. Η τεχνολογία Proof of Process της εταιρείας επιτρέπει την ανιχνευσιμότητα και τη διαφάνεια των δεδομένων και δημιουργεί ένα κοινό σύστημα ελέγχου που εξασφαλίζεται με blockchain και κρυπτογραφία.

**Tierion (Hartford, Conn.).** Το HashAPI της Tierion επιτρέπει στους προγραμματιστές να πραγματοποιούν μέχρι και 100 εγγραφές ανά δευτερόλεπτο στο blockchain δωρεάν, με ασφάλεια των δεδομένων. Η Tierion ήταν η πρώτη εταιρεία που συμμετείχε στο Blockchain Lab της Philips για να διερευνήσει τη χρήση μπλοκ αλυσίδων στην υγειονομική περίθαλψη. Η εταιρεία έχει επίσης συνεργαστεί με τη Microsoft για να δημιουργήσει μια υπηρεσία που συνδέει τα δεδομένα σε blockchain για να αποδείξει την ακεραιότητα και την ασφάλεια των δεδομένων.

**YouBase (Englewood, Colo.).** Η YouBase συνδυάζει τεχνολογίες συμβατές με blockchain για την παροχή ενός ασφαλούς και ευέλικτου δοχείου για ανεξάρτητα δεδομένα. Η λύση της εταιρείας επιτρέπει στα άτομα να διατηρούν τα δεδομένα και την ταυτότητά τους σε δίκτυα και να επιλέγουν τα δεδομένα που μοιράζονται. Το Youbase.io έχει σχεδιαστεί για τη διαχείριση ευαίσθητων καταναλωτικών και προσωπικών πληροφοριών κατά τη σύνταξη μιας μόνο πηγής ανώνυμων δεδομένων.

## Αποτελέσματα

Ένα δίκτυο Blockchain αποτελείται από ορισμένα δομικά στοιχεία, δηλαδή από κάποια βασικά δομικά χαρακτηριστικά, που είναι αναγκαία για τη λειτουργία του ως πλατφόρμα κρυπτογράφησης.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από όλα τα παραπάνω που αναφέρθηκαν στην εργασία, δείχνουν ότι ορισμένα από αυτά τα βασικά δομικά στοιχεία μιας πλατφόρμας Blockchain παρουσιάζουν πιθανά πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα ταυτόχρονα. Προκειμένου να εξεταστεί προσεγγιστικά κατά πόσο μια τέτοια τεχνολογία κρυπτογράφησης έχει τη δυνατότητα να εφαρμοστεί στον ιατρικό τομέα, είτε για τον ιατρικό φάκελο των ασθενών είτε για συναλλαγές ιατρικού περιεχομένου θα μπορούσε να συγκριθεί το σύνολο των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων για το κάθε δομικό στοιχείο της πλατφόρμας, ώστε να προκύψει κάποιο ποιοτικό αποτέλεσμα.

Θεωρώντας κάθε χαρακτηριστικό που θα αναφερθεί αναγκαίο και βασικό για την ομαλή λειτουργία ενός δικτύου blockchain θα συγκριθεί για το καθένα από αυτά καθαρά και μόνο ο αριθμός των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που σχετίζονται άμεσα με αυτό. Τα δομικά αυτά στοιχεία προέκυψαν από τα κοινά στοιχεία που εμφανίζει κάθε εφαρμογή με πλατφόρμα κρυπτογράφησης. Στη σύγκριση που θα ακολουθήσει οποιοδήποτε πλεονέκτημα και μειονέκτημα που αναφέρθηκε στην εργασία θεωρείται εξίσου σημαντικό και δεν τέθηκε κάποιο κριτήριο αξιολόγησης της σημαντικότητας τους.

Τέλος αναφέρθηκαν στην εργασία και κάποια μειονεκτήματα και προβλήματα που αφορούν τη συνολική εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain. Για παράδειγμα προκειμένου να υλοποιηθεί και να εφαρμοστεί ένα κατακευματισμένο δίκτυο στο χώρο της υγείας θα υπάρξει ένα κόστος ανάπτυξης. Στο συγκριτικό πίνακα που θα ακολουθήσει δεν λαμβάνεται υπόψη το κόστος υλοποίησης. Θεωρήθηκε ως αναγκαία προϋπόθεση υλοποίησης, και δεν σχετίστηκε με τις αρχές λειτουργίας της.

## **Κοινή Πλατφόρμα Κρυπτογράφησης**

Το Blockchain δίκτυο όπως αναφέρθηκε αποτελείται από μια αλυσίδα κόμβων και η πληροφορία διαμοιράζεται προς όλους τους κόμβους ανεξάρτητα από τον κόμβο στον οποία εισάγεται. Ένα από τα άμεσα αποτελέσματα αυτής της ιδιότητας του είναι η διαλειτουργικότητα. Όλοι όσοι διαθέτουν το ανάλογο κλειδί ασφαλείας μπορούν να μοιράζονται την πληροφορία κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη συνεργασία διαφόρων οργανισμών. Ακόμα και η ιατρική περίθαλψη θα μπορούσε να γίνει πιο άμεση και αξιόπιστη.

Επίσης, η κοινή πλατφόρμα εξασφαλίζει την ευελιξία και ταχύτητα καθώς αρκεί μόνο η είσοδος στην ηλεκτρονική πλατφόρμα με το ειδικό κλειδί (ιδιωτικό ή δημόσιο), προκειμένου να ανακτηθεί η κατάλληλη πληροφορία. Αυτό σημαίνει ότι η ιατρική περίθαλψη γίνεται γρηγορότερη και οι συναλλαγές ευκολότερες.

Ωστόσο αυτό το χαρακτηριστικό συνοδεύεται και από κάποια μειονεκτήματα. Κοινή πλατφόρμα σημαίνει ότι οποιαδήποτε τροποποίηση των πληροφοριών στους κόμβους από κακόβουλες επιθέσεις στο σύστημα θα αποφέρει τροποποίηση σε όλο το σύστημα και τις συμβάσεις που έχει. Τέτοιες επιθέσεις αναφέρθηκαν και μπορεί να είναι επιθέσεις από χάκερς, επίθεση 51% καθώς και επιθέσεις Ddos. Αυτό μπορεί να σημάνει και την ολοκληρωτική αλλαγή των βασικών πρωτοκόλλων και αρχών του κατανεμημένου δικτύου. Επίσης, τέτοιες επιθέσεις μπορεί να στοχοποιήσουν συναλλαγές φαρμακευτικού περιεχομένου ή ακόμα και πληρωμής με άμεσο αποτέλεσμα της απώλειας κρυπτογραφημένων νομισμάτων.

## Καταγραφή όλων των δεδομένων

Ένα δίκτυο Blockchain κρατάει αποθηκευμένα οποιαδήποτε δεδομένα εισέρχονται στην πλατφόρμα. Αυτό σημαίνει ότι η εφαρμογή μιας τέτοιας πλατφόρμας στον ιατρικό τομέα θα συλλέγει ένα τεράστιο όγκο πληροφοριών και δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα θα υπάρχει η δυνατότητα να ομαδοποιηθούν και να αξιοποιηθούν από την έρευνα όπως περιγράφηκε και προηγουμένως στην εργασία. Αυτό σημαίνει ότι στο ερευνητικό κομμάτι θα παρατηρούταν πιθανώς μια ραγδαία ανάπτυξη σε θέματα εφευρέσεων και αναλύσεων, αλλά κι γενικά θα υπήρχε βελτίωση στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της έρευνας.

Αυτός ο μεγάλος όγκος πληροφοριών δίνει τη δυνατότητα μαζί με την εφαρμογή της τεχνολογίας των μπλοκ αλυσίδων να γίνει εφαρμογή και της τεχνολογίας Big Data. Συγκεκριμένα με την τεχνολογία αυτή θα μπορούσε να υπάρχει καλύτερη διαχείριση των δεδομένων αυτών και γενικά θα υπήρχε στροφή προς τη βελτίωση της τεχνολογίας αυτής,

Ωστόσο ένας τεράστιος όγκος δεδομένων προϋποθέτει και μεγάλους χώρους αποθήκευσης. Αναφέρθηκε επίσης μέσα από αναφορές ότι θα υπάρξει η ανάγκη για μεγαλύτερες χωρητικότητες με την πάροδο του χρόνου καθώς ο όγκος αυτών των πληροφοριών συνεχώς θα αυξάνεται. Έτσι αποτελεί περιορισμό και μειονέκτημα για το δίκτυο κρυπτογράφησης.

## Αμεταβλητότητα δικτύου

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που διέπει ένα δίκτυο κρυπτογράφησης είναι η αμεταβλητότητα των καταγεγραμμένων στοιχείων στους επιμέρους κόμβους. Λειτουργεί δηλαδή σαν μία ηλεκτρονική βιβλιοθήκη ανάγνωσης και ανάκτησης πληροφοριών, χωρίς όμως υπάρχει δυνατότητα διαγραφής ή τροποποίηση στοιχείων.

Αυτό συνδέεται άμεσα με το πλεονέκτημα της διαφάνειας. Κάθε συναλλαγή που πραγματοποιείται παραμένει καταγεγραμμένη στο σύστημα χωρίς δυνατότητα αλλοίωσης, κι αυτό σημαίνει ότι μπορεί να ελεγχθεί η εγκυρότητα της συναλλαγής από τρίτους αρμόδιους φορείς. Έτσι προσπάθειες να διαγραφούν συναλλαγές με κακόβουλο σκοπό θα μειωθούν ή ακόμα και θα αφανιστούν.

Άμεσο αρνητικό αποτέλεσμα της αμεταβλητότητας είναι ότι σε περίπτωση λάθους που οφείλεται σε ανθρώπινο παράγοντα, δεν υπάρχουν επιλογές διόρθωσης. Επίσης, μετά από ένα μακροπρόθεσμο διάστημα χρόνου κάποια στοιχεία αλλάζουν και είναι ανάγκη αυτή αλλαγή να αποτυπωθεί και στην ηλεκτρονική πλατφόρμα. Αυτό δημιουργεί προβλήματα στο σύστημα κρυπτογράφησης. Ταυτόχρονα με την αδυναμία διαγραφής υπάρχουν και νομοθετικά πλαίσια όπως αναφέρθηκαν όπου εφαρμόζονται παγκοσμίως και προστατεύουν νομικά τα ανθρώπινα δικαιώματα. Πρακτικά η αδυναμία διαγραφής των προσωπικών δεδομένων πηγαινει ενάντια σε αυτή την νομοθετική προστασία.

Τέλος, αυτό το χαρακτηριστικό του δικτύου έρχεται αντιμέτωπο και με το ηθικό πλαίσιο της κάθε κοινωνίας. Η προστασία των προσωπικών δεδομένων και η διασφάλιση της ανωνυμίας του κάθε χρήστη της πλατφόρμας είναι αναγκαία συνθήκη για κάθε άτομο που χρησιμοποιεί ένα τέτοιο δίκτυο.



## Μηχανισμός συναίνεσης

Η είσοδος σε ένα καταναμημένο δίκτυο με διάφορους μηχανισμούς συναίνεσης. Ταχτοποιείται η εγκυρότητα του ιδιωτικού ή δημόσιου κλειδιού του χρήστη από κάθε κόμβο. Αυτό εκτελείται για κάθε μορφή ενέργειας στο δίκτυο ακόμα και για την εκτέλεση μια συναλλαγής.

Αποτέλεσμα αυτών των έξυπνων συμβάσεων και διαδικασιών είναι η ασφάλεια που παρέχει το σύστημα. Προκειμένου να αξιοποιηθεί ένα συγκεκριμένο αντικείμενο δεδομένων απαιτείται η κατοχή ενός συγκεκριμένου κλειδιού, που τα δικαιώματα χρήσης ανήκουν σε συγκεκριμένα άτομα ή οργανισμούς. Ταυτόχρονα εφόσον η έγκριση ταυτοποίησης γίνεται από κάθε κόμβο διασφαλίζεται ένα ακόμα επίπεδο ασφάλειας στους χρήστες του συστήματος.

Ένα πλεονέκτημα που συνδέεται άμεσα με αυτό το χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η ιχνηλασιμότητα από τις απομιμήσεις και της παράνομης διακινήσεις φαρμάκων. Η εφαρμογή της κρυπτογράφησης στον ιατρικό τομέα δίνει τη δυνατότητα να ελέγχεται ποιοι διακινούν φάρμακα, καθώς και τα δικαιώματα διακίνησης θα έχουν συγκεκριμένοι αρμόδιοι παροχείς, των οποίων η εγκυρότητα θα ελέγχεται από κάθε κόμβο που συμμετέχει στη συναλλαγή.

Όμως αυτή η βασική αρχή λειτουργίας ενός δικτύου κρυπτογράφησης θέτει ηθικά κριτήρια, σχετικά με το ποιές αρμόδιες αρχές θα διαθέτουν δικαιώματα χρήσης των συγκεκριμένων κλειδιών. Όπως διαπιστώθηκε στην εργασία αναμένεται να υπάρχει ηθική αμφισβήτηση όσον αφορά τα δικαιώματα χρήσης και τις διαδικασίες ταυτοποίησης.

Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης:

<u>Βασικά Δομικά Χαρακτηριστικά Λειτουργίας</u>	<u>Άμεσα Πλεονεκτήματα</u>	<u>Άμεσα Μειονεκτήματα</u>	<u>Εφαρμόσιμο</u>
Κοινή Πλατφόρμα Κρυπτογράφησης	Διαλειτουργικότητα Ευελξία Ταχύτητα	Κακόβουλες Επιθέσεις	-
Σύνολο	3	1	ΝΑΙ
Καταγραφή όλων των Δεδομένων	Έρευνα Big Data	Χώρος Αποθήκευσης	-
Σύνολο	2	1	ΝΑΙ
Αμεταβλητότητα Δικτύου	Διαφάνεια	Αδυναμία διαγραφής Νομοθετικό πλαίσιο Ηθικό Πλαίσιο	-
Σύνολο	1	3	ΟΧΙ
Μηχανισμοί Συναίνεσης	Ασφάλεια Ιχνηλασιμότητα από απομιμήσεις φαρμάκων	Ηθικό Πλαίσιο	-
Σύνολο	3	1	ΝΑΙ

Πίνακας 2: Συγκριτικός πίνακας Πλεονεκτημάτων και Μειονεκτημάτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του συγκριτικού πίνακα, η εφαρμογή ενός κρυπτογραφημένου και κατανεμημένου δικτύου στο χώρο της υγείας είναι δυνατή. Η σύγκριση του αριθμού των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων για κάθε ξεχωριστό δομικό στοιχείο του Blockchain έδειξε με αναλογία 3 / 4 (δηλαδή 3 ΝΑΙ και 1 ΟΧΙ) πως μια τέτοια εφαρμογή είναι εφικτή.

Πιο συγκεκριμένα βάσει τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το πλήθος των πλεονεκτημάτων είναι ικανοποιητικός για να ξεπεραστούν οι δυσκολίες και τα μειονεκτήματα που θα είχε μια τέτοια εφαρμογή στο χώρο της υγείας και της ιατρικής περίθαλψης.

## Συμπεράσματα

Η τεχνολογία Blockchain λειτουργεί με κρυπτογράφηση και είναι ένα κατακεντρωμένο δίκτυο. Πρόκειται για ένα αποκεντρωμένο περιβάλλον συναλλαγών, όπου όλες οι συναλλαγές καταγράφονται σε δημόσιο βιβλίο, ορατό σε όλους. Ο στόχος του Blockchain είναι να παρέχει ανωνυμία, ασφάλεια, προστασία της ιδιωτικής ζωής και διαφάνεια σε όλους τους χρήστες του. Επίσης, στοχεύει στο να βοηθήσει άμεσα στον ερευνητικό τομέα και να βελτιώσει την ποιότητα των μοντέλων σχεδιασμού. Ωστόσο, αυτά τα χαρακτηριστικά δημιουργούν πολλές τεχνικές προκλήσεις και περιορισμούς που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Όπως διαπιστώθηκε από την εργασία το ενδιαφέρον για την τεχνολογία Blockchain αυξήθηκε δραστικά από το 2013. Ο συσσωρευτικός αριθμός εγγράφων και αναφορών σχετικά με την τεχνολογία αυτή συνεχώς αυξάνεται. Η πλειοψηφία των μελετών έχει επικεντρωθεί στην αντιμετώπιση των προκλήσεων και των περιορισμών, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά ζητήματα χωρίς την εύρεση κατάλληλων λύσεων.

Τα αποτελέσματα της εργασίας έδειξαν θετικά σημάδια για την εφαρμογή της κρυπτογραφημένης τεχνολογίας στην ιατρική περίθαλψη. Πιο συγκεκριμένα με βάση τα στοιχεία αυτής της έρευνας θα μπορούσε να εφαρμοστεί μια τέτοια τεχνολογία και να βοηθήσει το χώρο της υγείας και της ιατρικής περίθαλψης. Όμως κάποιοι από τους περιορισμούς και τα μειονεκτήματα ίσως και να είναι ανυπέρβλητοι.

Για παράδειγμα όσον αφορά το ηθικό πλαίσιο φαίνεται να είναι πολύ δύσκολο να υπάρχει οικουμενική και παγκόσμια συναίνεση. Εκ των πραγμάτων η δυσπιστία και η καχυποψία των ανθρώπων θα συνεχίσει να υπάρχει καθώς τα προσωπικά δεδομένα θεωρούνται πολύτιμα. Η υγεία και τα γενετικά δεδομένα των ασθενών είναι ευαίσθητες πληροφορίες που απαιτούν υψηλό επίπεδο προστασίας για να διασφαλιστεί ότι δεν αποκαλύπτονται άσκοπα και χωρίς

λόγο. Ακόμα και μετά την εφαρμογή μιας τέτοιας τεχνολογίας τα δεδομένα από κλινικές δοκιμές για να χρησιμοποιηθούν απαιτούν ηθική συναίνεση των ασθενών.

Επίσης, διαπιστώθηκε ότι στο ερευνητικό κομμάτι που αποτελεί βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας του Blockchain, προκειμένου να υπάρχουν καλύτερα και ποιοτικότερα αποτελέσματα είναι ανάγκη για συλλογή όλο και περισσότερων δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι απαιτούνται μεγαλύτερα δείγματα από μεγαλύτερες ομάδες ασθενών. Συνεπώς μια παγκόσμια κοινή πλατφόρμα στο χώρο της υγείας θα ήταν η καλύτερη δυνατή λύση για το ερευνητικό κομμάτι της εφαρμογής.

Όπως έδειξε η εργασία αυτή προκειμένου να έχει κοινή εφαρμογή η τεχνολογία Blockchain μεταξύ πολλών χωρών είναι ανάγκη να υπάρχουν νομοθετικές μεταρρυθμίσεις. Σήμερα υπάρχουν πολλοί νομοθετικοί περιορισμοί , καθώς τα ανθρώπινα δικαιώματα προστατεύονται νομικά (GDPR και άλλα). Συνεπώς οποιαδήποτε προσπάθεια από οργανισμούς για μίσθωση τέτοιων εφαρμογών έρχεται αντιμέτωπη με την νομοθεσία αλλά και με το ηθικό πλαίσιο.

Όσον αφορά ο ηθικό πλαίσιο που αναφέρθηκε το κύριο στοιχείο της κρυπτογράφησης που δημιουργεί το ηθικό πρόβλημα είναι η αδυναμία διαγραφής και τροποποίησης των δεδομένων των κόμβων του δικτύου. Πάνω σε αυτό έχουν προταθεί κάποιες λύσεις.

Ενδεικτικά αναφέρω ότι ο Artus Vranken έχει προτείνει μία λύση για το ζήτημα της διαγραφής στοιχείων από το σύστημα. Πρότεινε την ύπαρξη δύο καταστάσεων σε κάθε μπλοκ του δικτύου. Συγκεκριμένα ανέφερε για Κατάσταση 1 (State 1) του δικτύου που αφορά τις διαθέσιμες και αξιοποιήσιμες πληροφορίες και την Κατάσταση 2 (State 2) του δικτύου που αφορά τις διαγραμμένες πληροφορίες.

17

Σύμφωνα με τη λύση αυτή ο ιδιοκτήτης ή αρμόδιος χρήστης ορίζει το περιεχόμενο κάποιων δεδομένων που επιθυμεί (για παράδειγμα κάποια προσωπικά δεδομένα) ως διαθέσιμα (state 1) ή διαγραμμένα (state 2). Δημιουργεί ένα δημόσιο ή ιδιωτικό κλειδί ζεύγους και χτυπά τα πεδία blockState, περιεχόμενο,

---

<sup>17</sup> <https://medium.com/@artusvranken/actually-there-could-be-a-way-to-delete-data-on-a-blockchain-df62964bd927>

previousHash, publicKey και κρυπτογραφεί το hash χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό του κλειδί. Αυτός ο κρυπτογραφημένος κατακερματισμός αποθηκεύεται στο πεδίο encryptedHashState1. Το μπλοκ έχει τώρα ένα hash για όταν είναι διαθέσιμο και το hash μπορεί να επαληθευτεί αποκρυπτογραφώντας το encryptedHash με το δημόσιο κλειδί και επικυρώνοντας το. (για παράδειγμα ο κατακερματισμός όλων των απαιτούμενων πεδίων και σύγκριση με το αποκρυπτογραφημένο hash)

Στη συνέχεια, ο ιδιοκτήτης δημιουργεί μια φράση πρόσβασης και εκτελεί την ίδια ενέργεια όπως παραπάνω, αλλά αντικαθιστά το πεδίο περιεχομένου με τη φράση πρόσβασης και το blockState με το 0. Κρυπτογραφεί την προκύπτουσα πληροφορία με το ιδιωτικό κλειδί του και τη θέτει στο κρυπτογραφημένο HashState0.

Τέλος, ο αποτελεσματικός κατακερματισμός του μπλοκ θα περιέχει ένα hash των 2 συνδυασμένων κρυπτογραφημένων πεδίων Hash και το μπλοκ μπορεί να προστεθεί στην αλυσίδα.

Με αυτήν την εφαρμογή, ο κάτοχος μπορεί να διαγράψει το περιεχόμενο του μπλοκ οποιαδήποτε στιγμή θέτοντας το πεδίο blockState στο 0 και να αντικαταστήσει το περιεχόμενο με τη φράση πρόσβασης. Κατά την επικύρωση του blockchain, ο αλγόριθμος θα εξετάσει πρώτα το πεδίο blockState και, ανάλογα με την κατάσταση του, θα χρησιμοποιήσει το σωστό πεδίο encryptedHash για την επικύρωση αυτού του μπλοκ. Τα κρυπτογραφημένα πεδία Hash είναι ασταμάτητα επειδή συνδέονται με ένα δημόσιο ή ιδιωτικό κλειδί ζεύξης όπου μόνο ο ιδιοκτήτης γνωρίζει το ιδιωτικό κλειδί.

Αυτή λύση ουσιαστικά δεν διαγράφει τα δεδομένα, αλλά πρακτικά παρακάμπτει τα δεδομένα κατά τη διαδικασία ανάκτησης τους. Δεν είναι όμως σίγουρο αν νομοθετικά μια τέτοια λύση θα μπορούσε να έχει πρακτική εφαρμογή.

Επιπλέον, όσον αφορά τη διαδικασία ελέγχου ταυτότητας, αναμένεται ότι, όταν η χρήση των τεχνολογιών Blockchain θα είναι πιο συνηθισμένη, υπάρχει μια μεγάλη πιθανότητα ότι οι χρήστες θα έχουν ήδη μια ταυτότητα δημόσιου-ιδιωτικού κλειδιού Blockchain. Ως εκ τούτου, η αποστολή κλειδιών για πρόσβαση και αναγνώριση αργότερα κατά τη διαδικασία υπογραφής θα είναι παρωχημένη. Αυτό θα απαιτήσει τη διατήρηση μιας διπλής κατανομής κλειδιού (όπως εξηγήθηκε παραπάνω) για χρήστες που δεν έχουν ταυτότητα δικτύου Blockchain και για να μπορούν να λάβουν υπόψη αυτούς που έχουν ήδη ένα. Θα πρέπει να γίνει επαλήθευση της ψηφιακής υπογραφής αυτών των χρηστών για την ομαλή λειτουργία του δικτύου.

Κατά την εκπόνηση της εργασίας υπήρξαν και πολλές τεχνικές δυσκολίες που αφορούσαν τον ελλιπή αριθμό των ερευνών πάνω στην τεχνολογία Blockchain. Θα πρέπει να γίνουν κινήσεις για καλύτερη έρευνα και διερεύνηση της τεχνολογίας του Blockchain στο χώρο της υγείας. Πιο συγκεκριμένα:

Είναι αναγκαίο να διεξαχθούν περισσότερες μελέτες σχετικά με τα ζητήματα επεκτασιμότητας του Blockchain. Το μεγαλύτερο μέρος της τρέχουσας έρευνας σχετικά με την τεχνολογία Blockchain επικεντρώνεται στα ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας. Προκειμένου να γίνει η κατάλληλη προετοιμασία για την εκτεταμένη χρήση της τεχνολογίας Blockchain, πρέπει να αντιμετωπιστούν τα ζητήματα επεκτασιμότητας όπως η απόδοση και η καθυστέρηση.

Επίσης, είναι ανάγκη να αναπτυχθούν περισσότερες εφαρμογές που βασίζονται σε Blockchain πέρα από τα συστήματα Bitcoin και άλλα συστήματα κρυπτογραφημένου νομίσματος. Η τρέχουσα έρευνα και τα αποτελέσματα που υπάρχουν επικεντρώνονται στο σύστημα Bitcoin και γενικά στις ψηφιακές συναλλαγές. Ωστόσο, η έρευνα δείχνει επίσης ότι η τεχνολογία Blockchain είναι εφαρμόσιμη για άλλες λύσεις, όπως έξυπνες συμβάσεις, αδειοδότηση ακινήτων, ψηφιακή ψηφοφορία κ.λπ..

Τέλος θα πρέπει να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα πολλών προτεινόμενων λύσεων με αντικειμενικά κριτήρια αξιολόγησης. Παρόλο που έχουν παρουσιαστεί διάφορες λύσεις στις προκλήσεις και τους περιορισμούς που

αντιμετωπίζει η τεχνολογία Blockchain, πολλές από αυτές είναι απλές προτάσεις ιδεών και δεν έχουν συγκεκριμένη αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους. Θα μπορούσε να γίνει πρακτική εφαρμογή μερικών λύσεων και προτάσεων και να αξιολογηθεί περαιτέρω η αποτελεσματικότητά τους.

Συνοψίζοντας, η παρακολούθηση της συλλογικής συγκατάθεσης ενοποιείται με τη χρήση της τεχνολογίας Blockchain. Η εργασία αυτή έδειξε ότι όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με τη συγκατάθεση μπορούν να αφήσουν ένα διαφανές και επαληθεύσιμο δακτυλικό αποτύπωμα στο Blockchain. Αυτό είναι σημαντικό τόσο από την πλευρά των ενδιαφερομένων, επιτρέποντάς τους να αποδείξουν την ύπαρξη και τη συνοχή των δεδομένων, όσο και από την πλευρά του ασθενούς, δίνοντάς τους μεγαλύτερη προβολή, διαφάνεια και επομένως έλεγχο της συγκατάθεσής τους.

Επιπλέον, η τεχνολογία Blockchain δεδομένου ότι δεν βασίζεται στην εμπιστοσύνη τρίτων, παρ' όλα αυτά αντιστρέφει τους χρήστες peer-to-peer παρέχοντάς τους τον έλεγχο της συμφωνίας και της ανάκλησης και αυτό μπορεί να βοηθήσει τη συλλογή των δεδομένων με μια ταυτόχρονα βελτιωμένη λύση από πλευράς της προστασίας της ιδιωτικής ζωής των χρηστών της.

Από την παγκόσμια σκοπιά, η εφαρμογή τεχνολογιών Blockchain στο πλαίσιο της κλινικής έρευνας φαίνεται να είναι ευρεία και πολλά υποσχόμενη. Πράγματι, η παρακολούθηση της πολύπλοκης ροής δεδομένων με πολλούς διαφορετικούς ενδιαφερόμενους και η τεκμηρίωσή της σε πραγματικό χρόνο μέσω μιας ροής εργασίας με χρονική σήμανση αποτελεί βασικό βήμα για την απόδειξη της συνέπειας και του απαραβίαστου των δεδομένων και θα βελτιωθεί η μεθοδολογία των κλινικών δοκιμών.



## Προβληματισμοί - Περιορισμοί για μελλοντική έρευνα

Κατά την εκπόνηση της εργασίας η μεγαλύτερη τεχνική δυσκολία ήταν ο μικρός αριθμός των αναφορών και των ερευνών πάνω στην τεχνολογία Blockchain. Πολλές είναι οι ιατρικές οργανώσεις που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το blockchain λόγω έλλειψης γνώσεων γύρω από αυτή την τεχνολογία.

Επίσης η τεχνολογία είναι σχετικά πρόσφατη στον τεχνολογικό κλάδο και αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν ακόμα σίγουρα αποτελέσματα της εφαρμογής κρυπτογραφημένου δικτύου. Έτσι η έρευνα που έγινε ήταν κυρίως ποιοτική καθώς τα ποσοτικά αποτελέσματα των εφαρμογών ήταν ελάχιστα. Είναι ανάγκη ακόμα και τα βραχυπρόθεσμα στατιστικά αποτελέσματα από εταιρίες που χρηματοδοτούν εφαρμογές Blockchain να δημοσιεύονται προκειμένου να αξιοποιηθούν καταλλήλως. Βέβαια κερδοσκοπικά συμφέροντα μπορεί να μην επιτρέψουν τέτοιες ενέργειες, καθώς το ενδιαφέρον σχετικά με την τεχνολογία αυτή όπως διαπιστώθηκε στην έρευνα συνεχώς αυξάνεται.

Όπως αναφέρθηκε λοιπόν υπήρχαν τεχνικές δυσκολίες στην εργασία αυτή. Έτσι παραθέεται παρακάτω μία σειρά από περιορισμούς πάνω στην έρευνα της τεχνολογίας Blockchain στον ιατρικό τομέα.

## Περιορισμοί στον ερευνητικό τομέα

Εντοπίστηκαν μερικά μείζονα κενά στην έρευνα. Το πρώτο κενό είναι ότι η έρευνα σε θέματα όπως η καθυστέρηση, η απόδοση, το μέγεθος και το εύρος ζώνης, η έκδοση, δεν είναι εμπεριστατωμένες. Πρόκειται για σημαντικό κενό στην έρευνα, το οποίο απαιτεί περισσότερη έρευνα στο μέλλον. Αυτά τα θέματα αποτελούν πιθανώς τα πιο ενδιαφέροντα θέματα για τους ερευνητές αυτή τη στιγμή, επειδή τα μεγέθη των σημερινών εφαρμογών Blockchain είναι σχετικά μικρά. Το Bitcoin για παράδειγμα είναι σήμερα μία από τις μεγαλύτερες εφαρμογές με Blockchain τεχνολογία. Ο αριθμός των συναλλαγών στο Bitcoin είναι σημαντικά μικρότερος από ότι καρτοπιστωτικές συναλλαγές όπως είναι για παράδειγμα οι συναλλαγές με VISA. Ωστόσο, στο μέλλον, εάν οι λύσεις Blockchain χρησιμοποιούνται από δεκάδες εκατομμύρια ανθρώπους και ο αριθμός των συναλλαγών πολλαπλασιαστεί δραστικά, θα πρέπει να διερευνηθούν περισσότερο θέματα που αφορούν κάποια πιθανή λανθάνουσα κατάσταση, καθώς και το μέγεθος και το εύρος ζώνης της εφαρμογής.

Το δεύτερο κενό που διαπιστώθηκε είναι η έλλειψη έρευνας σχετικά με τη χρηστικότητα της εφαρμογής. Εντοπίστηκαν μόνο άρθρα και αναφορές που ασχολήθηκαν με την χρηστικότητα ως βασικό πλεονέκτημα από την άποψη του χρήστη, όχι από την προοπτική του προγραμματιστή. Για παράδειγμα, η δυσκολία χρήσης του Bitcoin API δεν έχει αντιμετωπιστεί ακόμα από τη συγκεκριμένη εφαρμογή Blockchain. Τέτοια στοιχεία πρέπει να μελετηθούν και να βελτιωθούν στο μέλλον. Αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει περισσότερες εφαρμογές και λύσεις στο περιβάλλον του ιατρικού τομέα.

Το τρίτο ερευνητικό κενό είναι ότι η πλειοψηφία της τρέχουσας έρευνας διεξάγεται στο περιβάλλον Bitcoin και γενικά του ψηφιακού νομίσματος, παρά σε άλλα περιβάλλοντα Blockchain. Πρέπει να διεξαχθεί έρευνα για παράδειγμα σε έξυπνες συμβάσεις, για την αύξηση της γνώσης εκτός των κρυπτοσυχνοτήτων, καθώς και στον ιατρικό τομέα. Παρόλο που το Blockchain εισήχθη για πρώτη φορά στο περιβάλλον κρυπτογράφησης, η ίδια ιδέα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε

διάφορα άλλα περιβάλλοντα. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να διεξαχθεί έρευνα σχετικά με τις δυνατότητες χρήσης του Blockchain σε άλλα περιβάλλοντα, διότι μπορεί να αποκαλύψει και να παράγει καλύτερα μοντέλα και δυνατότητες για συναλλαγές σε διαφορετικούς κλάδους.

Η τέταρτη ερευνητική δυσκολία ήταν η εγκυρότητα των άρθρων που αναφέρονται στην τεχνολογία του Blockchain. Επί του παρόντος το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας δημοσιεύεται σε συνέδρια, διαλέξεις και εργαστήρια. Υπάρχει ανάγκη για δημοσίευση εμπειριστατωμένων δημοσιεύσεων, όπου η εστίαση τους είναι στο Blockchain.

## Περιορισμοί της συστηματικής μελέτης

Ένα σημαντικός περιορισμός μιας συστηματικής μελέτης σχετίζεται με τη μεροληψία της δημοσίευσης, τη μεροληψία επιλογής των ερευνητικών θεμάτων, την ανακρίβεια στην εξαγωγή δεδομένων και συμπερασμάτων, καθώς και την εσφαλμένη ταξινόμηση των πληροφοριών [25].

Η μεροληψία της δημοσίευσης αναφέρεται στο πρόβλημα ότι τα θετικά αποτελέσματα είναι πιο πιθανό να δημοσιεύονται πιο συχνά και μάλιστα να αποτελούν κύριο κομμάτι έρευνας σε σχέση με τις αρνητικές επιπτώσεις, καθώς τα αρνητικά αποτελέσματα χρειάζονται περισσότερο χρόνο για δημοσίευση και μελέτη [25]. Ωστόσο, δεδομένου ότι η τεχνολογία Blockchain είναι μάλλον ένα νέο θέμα στον κλάδο της πληροφορικής και της ακαδημαϊκής κοινότητας, είναι πιθανό η έρευνα να διεξάγεται στον κλάδο και να δημοσιεύεται ως διαλέξεις και προφορικές αναφορές μέσα στις εταιρείες. Συνεπώς, όλες οι έρευνες που διεξάγονται σχετικά με τις τεχνικές πτυχές του Blockchain ενδέχεται να μην έχουν συμπεριληφθεί σε αυτή την εργασία. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας μόνο επιστημονικές βάσεις δεδομένων ως πηγή για την εύρεση σχετικής έρευνας, συλλέχτηκαν εργασίες που πιθανώς ήταν υψηλότερης εγκυρότητας.

Η αρχή της επιλογής της βιβλιογραφίας στην εργασία αυτή αφορά τη στρέβλωση της στατιστικής ανάλυσης λόγω των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται για την επιλογή των δημοσιεύσεων [25]. Γι αυτό το λόγο η αναζήτηση των αναφορών υλοποιήθηκε προσεκτικά. Πραγματοποιήθηκε επίσης μια εκτενής έρευνα στις επιστημονικές μηχανές αναζήτησης με διαφορετικές λέξεις-κλειδιά, για να διασφαλιστεί όσο το δυνατόν περισσότερο ότι συμπεριλήφθηκαν τα περισσότερα έγγραφα σχετικά με την τεχνολογία Blockchain που σχετίζονται με τον ιατρικό τομέα. Καθορίστηκαν αυστηρά κριτήρια ένταξης και απόρριψης πηγών, για να διασφαλιστεί ότι όλα τα επιλεγμένα έγγραφα ήταν μέρος του ερευνητικού μας θέματος και απάντησαν στις ερευνητικές ερωτήσεις.

Ωστόσο, υπάρχει ένας σημαντικός περιορισμός που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Το πρωτόκολλο αναζήτησης περιελάμβανε κυρίως τους όρους Blockchain και Blockchain in Healthcare. Υπάρχει η πιθανότητα ότι δεν βρέθηκε όλη η έρευνα που σχετίζεται με την εφαρμογή του Blockchain στο χώρο της Υγείας και της ιατρικής περίθαλψης. Επίσης ένα μεγάλο μέρος της έρευνας που σχετίζεται με το Blockchain αφορά τις οικονομικές, νομικές ή κανονιστικές πτυχές του Bitcoin και τις δυνατότητές του ως κρυπτογράφηση. Στόχος της εργασίας ήταν να μελετηθούν οι τεχνικές πτυχές του Blockchain ως τεχνολογία, αντί να μελετηθεί πώς το Bitcoin ως κρυπτογράφηση μπορεί να λειτουργήσει στο πραγματικό περιβάλλον

Συνοψίζοντας υπήρξε προσπάθεια στο πλαίσιο της εργασίας να γίνει εκτενής και λεπτομερής μελέτη της τεχνολογίας του μπλοκ αλυσίδων στο χώρο της Υγείας. Η μελέτη των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων ήταν αμερόληπτη και θεωρήθηκαν εξίσου σημαντικά και τα δύο. Έτσι μελετήθηκαν εξίσου λεπτομερώς και τα δύο σκέλη της εργασίας.

## Περιορισμοί στην κλινική έρευνα

Υπάρχουν κάποιες αποθαρρυντικές ενδείξεις σχετικά με την εμπλοκή των ασθενών στις σημερινές κλινικές δοκιμές που προκαλούν ανησυχίες, όπως:

1. Λιγότερο από 5% των ενήλικων καρκινοπαθών συμμετέχουν σε δοκιμές ογκολογίας
2. Λιγότεροι από 1 στους 20 Αμερικανούς γνωρίζουν πού να βρουν σχετικές πληροφορίες σχετικά με τις δοκιμές
3. Το 80% των κλινικών δοκιμών δεν ανταποκρίνεται στο χρονοδιάγραμμά τους εγγραφής

Αυτές οι καταστάσεις επιδεινώνονται περαιτέρω από τις σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά την πρόσληψη και διατήρηση ασθενών, όπου το κόστος συνέχισε να αυξάνεται και εκτιμάται ότι θα καταναλώνει μεταξύ 30 τοις εκατό και 35 τοις εκατό των προϋπολογισμών κλινικών δοκιμών. Σε ένα Blockchain, ένας ερευνητής ή ερευνητής κλινικών δοκιμών θα μπορούσε να αναζητήσει υποψηφίους με βάση συγκεκριμένα γενετικά, θεραπευτικά, δημογραφικά και γεωγραφικά κριτήρια, χωρίς να γνωρίζει καν το όνομα του ασθενούς. Στην πραγματικότητα, το blockchain μπορεί να μεταμορφώσει το μοντέλο εμπλοκής ασθενούς, διευκολύνοντας τους ασθενείς να διαχειριστούν το πλήρες ηλεκτρονικό τους αρχείο υγείας και να δώσουν τη συγκατάθεσή τους για να διερευνηθεί η συμμετοχή τους σε δοκιμασίες.

Ο μετασχηματισμός των ιατρικών αρχείων σε έναν κόμβο του blockchain επιτρέπει στα άτομα να χορηγούν δικαιώματα για να μοιράζονται τα προσωπικά δεδομένα που επιθυμούν και μάλιστα θα δύναται να επιλέγουν και το πότε θα τα μοιράζονται, και έτσι να συναινέσουν να μοιράζονται αυτές οι πληροφορίες από οποιονδήποτε ερευνητή στον κόσμο, διατηρώντας παράλληλα την ανωνυμία. Αυτό επιτρέπει στους κλινικούς ερευνητές να αξιολογήσουν τους υποψηφίους για μια μελέτη και τα δεδομένα από έναν συμμετέχοντα σε κλινικές δοκιμές θα προσαρτηθούν στο αρχείο blockchain σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας έτσι

στους επιτρεπόμενους ιατρούς δικτύου να έχουν άμεση πρόσβαση. Όταν αξιολογείται πλήρως, το blockchain μπορεί βελτιώσει τις συνθήκες μεταξύ της κλινικής και της ιατρικής έρευνας ενώ παράλληλα ενισχύει την πλήρη διασφάλιση των ατομικών ιατρικών αρχείων.

## Νομοθετικοί περιορισμοί

Πολλές από τις υπάρχουσες νομοθεσίες δεν επιτρέπουν σήμερα στις επιχειρήσεις και στους οργανισμούς να υλοποιήσουν εφαρμογές Blockchain στον ιατρικό τομέα. Υπάρχουν σαφείς νομοθετικές μεταρρυθμίσεις που απειλούν με υψηλά πρόστιμα οποιαδήποτε εταιρία τις παραβεί (για παράδειγμα το Gdpr που αναφέρθηκε στην εργασία). Αυτό αποτελεί μεγάλο περιορισμό για το ερευνητικό κομμάτι στο θέμα της τεχνολογία αυτής.

Αν δεν υπάρχουν εταιρίες που εφαρμόζουν στην πράξη πλατφόρμες κρυπτογράφησης για τον ιατρικό τομέα δεν υπάρχουν και τα κατάλληλα στατιστικά στοιχεία για το κατά πόσο μια εφαρμογή Blockchain έχει τη δυνατότητα να εφαρμοστεί στον τομέα της ιατρικής περίθαλψης. Ίσως αν λυθεί το ηθικό πλαίσιο γύρω από την εφαρμογή κρυπτογράφησης να λυθεί και οποιοσδήποτε νομοθετικός περιορισμός. Ωστόσο η ιδιωτικότητα σε έναν ψηφιακό κόσμο δεν είναι κάτι που μπορεί να επιλυθεί μόνο με την τεχνολογία. Θα χρειαστεί μια συστηματική προσέγγιση που θα συνδυάζει το πολιτιστικό, το εκπαιδευτικό, το νομικό, το επιχειρηματικό, το τεχνολογικό και το τεχνολογικό πλαίσιο. Αυτός ο παράγοντας περιορίζει πολύ οποιαδήποτε κίνηση για εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain στον ιατρικό τομέα.

Συνεπώς είναι ανάγκη να βρεθούν άμεσα λύσεις πάνω στο ζήτημα του ηθικού πλαισίου, αλλά και του νομοθετικού πλαισίου που αφορά τα ανθρώπινα δικαιώματα και την προστασία τους.



## Βιβλιογραφία

- [1] G. Magyar, “Blockchain: Solving the privacy and research availability tradeoff for EHR data: A new disruptive technology in health data management,” in *2017 IEEE 30th Neumann Colloquium (NC)*, 2017, pp. 000135–000140.
- [2] P. Mamoshina *et al.*, “Converging blockchain and next-generation artificial intelligence technologies to decentralize and accelerate biomedical research and healthcare,” *Oncotarget*, vol. 9, no. 5, pp. 5665–5690, Jan. 2018.
- [3] P. Zhang, D. C. Schmidt, J. White, and G. Lenz, “Blockchain Technology Use Cases in Healthcare,” 2018.
- [4] T. A. Brennan *et al.*, “Incidence of Adverse Events and Negligence in Hospitalized Patients,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 324, no. 6, pp. 370–376, Feb. 1991.
- [5] Z. D. Stephens *et al.*, “Big Data: Astronomical or Genomical?,” *PLOS Biol.*, vol. 13, no. 7, p. e1002195, Jul. 2015.
- [6] C. Mcfarlane, M. Beer, J. Brown, and N. Prendergast, “Patientory: A Healthcare Peer-to-Peer EMR Storage Network v1.1,” 2017.
- [7] M. Benchoufi and P. Ravaud, “Blockchain technology for improving clinical research quality,” *Trials*, vol. 18, no. 1, p. 335, Dec. 2017.
- [8] P. Nova Southeastern University. School of Social and Systemic Studies. and S. Jack, *The qualitative report: an online journal dedicated to qualitative research since 1990.*, vol. 13, no. 4. Nova Southeastern University, School of Social and Systematic Studies, 1990.
- [9] J. M. Roman-Belmonte, H. De la Corte-Rodriguez, and E. C. Rodriguez-Merchan, “How blockchain technology can change medicine,” *Postgrad. Med.*, p. 00325481.2018.1472996, May 2018.

- [10] M. S. Lauer and R. B. D'Agostino, "The Randomized Registry Trial — The Next Disruptive Technology in Clinical Research?," *N. Engl. J. Med.*, vol. 369, no. 17, pp. 1579–1581, Oct. 2013.
- [11] H. Rang, "Bad Pharma: how drug companies mislead doctors and harm patients by Ben Goldacre. Published by Fourth Estate, London, 2012. 364 pp, ISBN: 978-0-00-735074-2," *Br. J. Clin. Pharmacol.*, vol. 75, no. 5, pp. 1377–1379, May 2013.
- [12] M. L. Anderson, K. Chiswell, E. D. Peterson, A. Tasneem, J. Topping, and R. M. Califf, "Compliance with Results Reporting at ClinicalTrials.gov," *N. Engl. J. Med.*, vol. 372, no. 11, pp. 1031–1039, Mar. 2015.
- [13] G. K. Sandve, A. Nekrutenko, J. Taylor, and E. Hovig, "Ten Simple Rules for Reproducible Computational Research," *PLoS Comput. Biol.*, vol. 9, no. 10, p. e1003285, Oct. 2013.
- [14] Bhargav Adagarla (Presenter) *et al.*, "AMIA 2018 Blockchain Applications in Clinical Research," 2018.
- [15] J. S. Ward and A. Barker, "Undefined By Data: A Survey of Big Data Definitions," Sep. 2013.
- [16] G. Hripcsak and D. J. Albers, "Correlating electronic health record concepts with healthcare process events," *J. Am. Med. Informatics Assoc.*, vol. 20, no. e2, pp. e311–e318, Dec. 2013.
- [17] M. Conway *et al.*, "Analyzing the heterogeneity and complexity of Electronic Health Record oriented phenotyping algorithms," *AMIA ... Annu. Symp. proceedings. AMIA Symp.*, vol. 2011, pp. 274–83, 2011.
- [18] T. Mcconaghy *et al.*, "BigchainDB: A Scalable Blockchain Database," 2016.
- [19] J. Rothfeder and Jeffrey, *Privacy for sale : how computerization has made everyone's private life an open secret*. Simon & Schuster, 1992.
- [20] M. Vasek and T. Moore, "There's No Free Lunch, Even Using Bitcoin: Tracking

- the Popularity and Profits of Virtual Currency Scams,” Springer, Berlin, Heidelberg, 2015, pp. 44–61.
- [21] I.-K. Lim, Y.-H. Kim, J.-G. Lee, J.-P. Lee, H. Nam-Gung, and J.-K. Lee, “The Analysis and Countermeasures on Security Breach of Bitcoin,” Springer, Cham, 2014, pp. 720–732.
- [22] A. Beikverdi and JooSeok Song, “Trend of centralization in Bitcoin’s distributed network,” in *2015 IEEE/ACIS 16th International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*, 2015, pp. 1–6.
- [23] M. Andrychowicz, S. Dziembowski, D. Malinowski, and Ł. Mazurek, “On the Malleability of Bitcoin Transactions,” Springer, Berlin, Heidelberg, 2015, pp. 1–18.
- [24] O. Boireau, “Securing the blockchain against hackers,” *Netw. Secur.*, vol. 2018, no. 1, pp. 8–11, Jan. 2018.
- [25] A. Fernandez, E. Insfran, and S. Abrahão, “Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 53, no. 8, pp. 789–817, Aug. 2011.